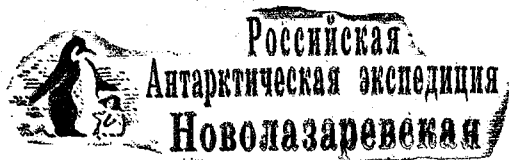
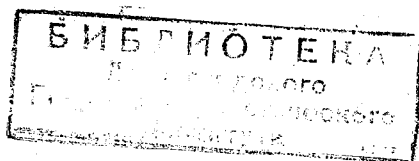


М. С. СТЕРНЗАТ



# МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И НАБЛЮДЕНИЯ

Допущено  
Главным управлением  
гидрометеорологической службы  
при Совете Министров СССР  
в качестве учебного пособия  
для гидрометеорологических  
техникумов



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛЕНИНГРАД • 1968

220081  
180022

В книге приводятся описания и излагаются принципы действия приборов, предназначенных для широкого комплекса метеорологических измерений (температуры и влажности воздуха, давления атмосферы, температуры почвы, осадков, лучистой энергии, прозрачности атмосферы, высоты облаков и др.). Излагаются физические основы принятых методов измерений и основные правила их производства. Помимо приборов, применяемых на метеорологических станциях, описываются новые приборы, которые в ближайшие годы найдут широкое применение, а также приборы, применяемые для обеспечения правильной эксплуатации отдельных промышленных объектов (установок).

Книга предназначена в качестве учебного пособия для учащихся гидрометеорологических техникумов и может быть полезной для широкого круга лиц, занимающихся метеорологическими измерениями, а также разработкой, совершенствованием и эксплуатацией метеорологических приборов.

The manual deals with the principles of operation of meteorological instruments. The main rules of measurement of air temperature, moisture, pressure, soil temperature, precipitation, radiant energy, atmosphere transparency, height of cloud base, and of other meteorological elements are discussed. Together with instruments used at the meteorological stations, some new instruments which will be in wide use in the near future are described, as well as meteorological instruments used in the industry.

The manual is intended for students of hydrometeorological technicums. It will also be of interest to all those who deal with meteorological measurements, improvement and maintenance of meteorological instruments.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

При подготовке данного пособия учитывалось развитие Гидрометеорологической службы и ее непрерывное оснащение новыми техническими средствами для производства метеорологических измерений.

Генеральной схемой комплексной автоматизации Гидрометеорологической службы намечено создать автоматизированную систему сбора, обработки и распространения различной гидрометеорологической информации для обеспечения всех народнохозяйственных организаций, нуждающихся в этой информации.

Построение автоматизированной системы будет происходить постепенно, по мере внедрения автоматических приборов и устройств как на гидрометеорологические станции, так и в органы службы, предназначенные для сбора, обработки и распространения разных видов гидрометеорологической информации. Такие приборы и устройства, выполненные на базе современных достижений науки и техники, получают широкое распространение уже в настоящее время.

Учащиеся гидрометеорологических техникумов должны быть ознакомлены с новой аппаратурой. Вместе с тем они должны изучить также и ранее созданные метеорологические приборы, которые широко используются в настоящее время и будут применяться еще в течение ряда лет.

Материал в книге изложен в расчете на читателя, имеющего знания по физике, электро- и радиотехнике, автоматике и телемеханике, в объеме, предусмотренном ныне действующими программами гидрометеорологических техникумов.

В книге принята установившаяся классификация приборов по измеряемым элементам. В соответствии с этой классификацией произведено и деление по главам. Исключение составляют глава 1, являющаяся в значительной степени вводной, и глава 12, в которой описываются установки для измерения комплексов элементов.

Методика измерения определенной физической величины в атмосфере (метеорологического элемента) с помощью того или иного прибора определяется главным образом характером измеряемого элемента и физическим принципом, на котором основан прибор. Поэтому основы методики измерений даются при описании наиболее распространенных приборов (для которых методика измерений разработана наиболее детально), а для других приборов аналогичного назначения, основанных на идентичных физических принципах измерения, даются только особенности методики их применения, если таковые имеются.

В данном издании в значительной мере использованы материалы первой части книги М. С. Стернзата и А. А. Сапожникова «Метеорологические приборы, наблюдения и их обработка» (Гидрометеиздат, Л., 1959).

Глава 7 «Измерение лучистой энергии» написана Ю. Д. Янишевским, за исключением раздела «Измерение содержания озона в атмосфере».

Глава 11 «Измерение радиоактивности атмосферного воздуха и воды» написана Н. К. Гасилиной, И. М. Кутыриным и А. Н. Силантьевым.

Автор выражает благодарность Ю. К. Алексееву, В. А. Гаврилову, Л. Р. Струзеру, Р. А. Круглову и другим специалистам, любезно предоставившим возможность использовать при написании книги свои материалы, а также редактору этой книги Н. А. Петрову за ценные советы и замечания.

Настоящее издание ни в коей мере не должно использоваться вместо действующих в настоящее время руководств и наставлений по производству метеорологических измерений (наблюдений).



## ГЛАВА I

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ И ПРИБОРАХ И ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ (НАБЛЮДЕНИЙ)**

Результаты систематических измерений метеорологических элементов служат основой для составления прогнозов погоды, используются в научных исследованиях при изучении процессов, происходящих в атмосфере, а также непосредственно в различных отраслях народного хозяйства. Многообразные запросы народного хозяйства страны призвана удовлетворить специальная высокоорганизованная и широко разветвленная гидрометеорологическая служба. Руководство всеми гидрометеорологическими работами и исследованиями осуществляет Главное управление Гидрометеорологической службы (ГУГМС) при Совете Министров СССР. Первичная гидрометеорологическая информация получается гидрометеорологическими станциями и постами, которые распределены по всей территории Советского Союза и составляют гидрометеорологическую наблюдательную сеть. Гидрометеорологические данные в открытых морях получают с помощью специальных кораблей погоды и кораблей торгового флота.

ГУГМС руководит гидрометеорологическими станциями и постами через республиканские межобластные (местные) управления Гидрометеорологической службы (УГМС). Сеть станций и постов распределена по 35 УГМС (включая управления Арктики и Антарктики).

Ныне существующие станции и посты гидрометеорологической сети делятся по объему работ и соответствующему ему штату работников и оборудованию на разряды I, II и III. Кроме того, по характеру выполняемой работы станции делятся на метеорологические, аэрологические, гидрологические, морские

гидрометеорологические и специализированные (агрометеорологические, стоковые, озерные и др.), а посты — на метеорологические, гидрологические и морские гидрометеорологические. В перспективе развития Гидрометеорологической службы предусматривается перестройка службы на базе широкой автоматизации и механизации процессов измерений (сбора информации), обработки данных и распространения информации.

Перечень основных метеорологических элементов и наименование приборов, с помощью которых они измеряются (регистрируются), приводятся в табл. 1.1. Как видно из таблицы, состояние атмосферы по некоторым метеорологическим элементам и явлениям до сего времени еще оценивается визуально из-за отсутствия соответствующей аппаратуры.

Таблица 1.1

Измеряемый элемент	Приборы, применяемые для измерения (регистрации)
Температура воздуха и почвы	Термометры различных типов, термографы
Влажность воздуха	Психрометры, гигрометры, гигрографы
Атмосферное давление	Барометры, гипсотермометры, барографы
Скорость и направление ветра	Анеморумбометры, анемометры, флюгер, анеморумбографы
Интенсивность солнечной радиации, излучение земной поверхности и атмосферы	Пиргелиометры, актинометры, пиранометры, альбедометры и балансомеры
Продолжительность солнечного сияния	Гелиографы
Количество и интенсивность атмосферных осадков	Осадкомеры, пловииографы
Запас воды в снежном покрове	Снегомеры, снегомерные рейки, приборы, измеряющие интенсивность поглощения снежным покровом радиоактивных излучений
Гололед	Гололедные станки, гололедографы
Иней и изморозь	Ледоскопы, визуально
Роса	Росографы, визуально
Испарение из почвы и с поверхности водоемов	Испарители
Дальность видимости	Измерители и регистраторы метеорологической дальности видимости (прозрачности атмосферы), визуально
Количество и форма облаков	Визуально, аппаратура метеорологических спутников, радиолокаторы
Высота нижней границы облаков	Измерители и регистраторы высоты облаков, с помощью шаров-пилотов
Туман	Визуально
Грозы	Грозорегистраторы, грозопеленгаторы

## Определение времени на метеорологической станции

**Понятие о времени.** Значения метеорологических элементов меняются во времени и пространстве. Поэтому для изучения физических процессов, происходящих в атмосфере, необходимо производить измерения во многих точках пространства с достаточной частотой во времени или даже непрерывно. Для получения сопоставляемых (однородных и сравнимых между собой) результатов измерения должны быть привязаны к определенному месту (точке) пространства и к определенному времени. Поэтому метеорологические станции распределяются по всей территории, а высоты (уровни) измерений различных метеорологических элементов на станциях и постах строго определены. Например, температура и влажность воздуха должны измеряться на всех гидрометеорологических станциях на высоте 2 м от поверхности земли, скорость и направление ветра — на высоте 10—12 м и т. д.

Для того чтобы результаты измерений были сравнимыми, проще всего производить измерения при одинаковом положении солнца относительно плоскости меридиана данного места наблюдения, т. е. в одно и то же местное время. Однако во многих случаях, в частности для целей прогноза погоды, необходимо иметь данные о состоянии атмосферы и подстилающей поверхности, отнесенные к одному физическому моменту времени. В настоящее время метеорологические измерения (наблюдения) производятся в определенные сроки по московскому времени. Для этого на метеорологических станциях должна вестись служба времени (хранения времени).

**Хранение времени на станциях.** Для хранения времени на станции необходимо иметь часы с хорошим ходом. Это могут быть стенные часы с секундной стрелкой, карманные или наручные часы. Как бы хорошо ни ходили часы, с течением времени их показания начнут расходиться с точным временем (часы могут несколько отставать или спешить). Тогда возникает необходимость во введении поправки на их показания. Поправка с течением времени также меняется. Величина изменения поправки часов за одни сутки называется суточным ходом часов. Качество часов характеризуется степенью постоянства их суточного хода. Для хранения времени нужно иметь часы с достаточно постоянным суточным ходом. Суточный ход часов должен быть точно определен и к показаниям часов вычислена поправка. Суточный ход часов лучше всего можно определить путем сравнения показаний часов с точным временем по сигналам точного времени, передаваемым по радио. Сигналы точного времени передаются, в частности, широкоэвещательными радиостанциями еже часно по московскому времени (время II пояса). Конец часа точного времени совпадает с последним (шестым)

сигналом. Желательно, чтобы суточный ход часов был близок к нулю (в этом случае поправка будет минимальной).

Механизм часов позволяет регулировать их суточный ход. Регулировку хода лучше производить в часовых мастерских. Однако в случае необходимости это могут выполнить и техники метеорологической станции. При регулировке хода часов изменяют период колебания балансира (маятника) часов. Балансир — колесо с массивным ободом — совершает колебания вокруг своей оси. К оси балансира прикреплен один конец волоска 1 (спиральной пружины), второй конец волоска укреплен в плате регулятора. Если балансир вывести из состояния покоя, то под воздействием волоска он начнет колебаться с постоянным периодом.

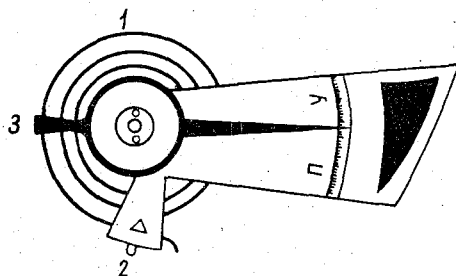


Рис. 1.1.

Период колебания балансира изменяется с помощью регулятора хода часов (рис. 1.1) путем изменения длины рабочей части волоска 1. Неподвижный конец волоска укреплен в двух точках: в плате часов в точке 2 и вилке 3 стрелки регулятора. Отрезок волоска, находящийся между точкой 2 и вилкой 3, не участвует в процессе колебания балансира. Поворачивая стрелку регулятора, тем самым меняют длину рабочей части волоска, вследствие чего меняется развиваемое им при деформации усилие, от которого зависит период колебания балансира.

На регуляторе имеется шкала, на концах которой нанесены буквы или знаки, различные для разных марок часов. Наиболее распространенными для отечественных марок являются П или «+» (прибавить) и У или «-» (убавить), для иностранных — F (fast — быстро) и S (slow — медленно) или A (accelerate — ускорять) и R (retard — замедлять).

При перемещении стрелки по шкале в сторону буквы П рабочая часть волоска укорачивается, усилие при его деформации растет и ход часов ускоряется; при перемещении в сторону буквы У рабочая часть волоска удлиняется и ход часов замедляется.

При регулировке хода часов сначала передвигают стрелку ориентировочно на несколько делений шкалы, а затем по изменению хода часов, вызванному этим передвижением стрелки, определяют деление шкалы, на котором нужно установить стрелку для того, чтобы часы шли правильно. Пусть, например, часы отстают на 2 мин в сутки; стрелку можно произвольно передвинуть на 3 деления шкалы, к букве П. Если после этого часы стали спешить на 3 мин в сутки, значит, при передвижении стрелки на 3 деления ход часов ускорился на 5 мин в сутки. Следовательно, передвижение на одно деление шкалы приведет к ускорению хода на  $\frac{5}{3}$  мин. Для того чтобы суточный ход часов был близким к нулю, стрелку нужно передвинуть на  $\frac{9}{5}$  деления в сторону буквы У.

Для того чтобы правильно пользоваться сигналами точного времени и разбираться, к какому времени они относятся, технику-метеорологу следует знать, каким образом ведется счет времени.

**Исчисление времени.** Основными единицами времени являются звездные сутки и тропический год.

Звездные сутки опираются на период вращения Земли. Они равны времени оборота Земли вокруг оси — времени между двумя последовательными кульминациями точки весеннего равноденствия.

Тропический год определяется по времени обращения Земли вокруг Солнца. Тропический год равен промежутку времени между двумя последовательными прохождениями Солнца через точку весеннего равноденствия.

Звездное время определяется астрофизическими наблюдениями и служит для согласования часов с астрономической системой счета времени. Применение звездного времени в практической жизни неудобно, так как оно не согласуется со сменой дня и ночи (продолжительность звездных суток меняется в течение года).

На практике используется среднее солнечное время, исчисляемое на основе средних солнечных суток, подразделяющихся на часы, минуты и секунды.

Средние солнечные сутки равны промежутку времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями среднего солнца. Среднее солнце — это воображаемая точка, равномерно движущаяся по экватору, обходящая его за один год и пересекающая точку равноденствия вместе с истинным солнцем. Так как истинное солнце движется по эклиптике неравномерно, то между средним солнечным временем  $T$  и истинным солнечным временем  $t$  возникает разность  $\eta$ , называемая уравнением времени. Среднее время равно истинному плюс уравнение времени

$$T = t + \eta.$$

Уравнение времени меняется в течение года от  $-16,3$  мин до  $+14,5$  мин и четыре раза оно становится равным нулю.

В приложении 1 приведены значения среднего времени для каждого дня года в момент истинного полдня (момент прохождения истинного солнца через меридиан данного места).

**Поясное время.** Началом средних солнечных суток принято считать полночь. На различных меридианах Земли полночь наступает в различное время, так как земной шар, совершая суточное вращение вокруг своей оси, постепенно обращает к солнцу различные части своей поверхности: солнце проходит через плоскость меридиана отдельных пунктов в различные моменты времени. Следовательно, пункты, находящиеся на различных меридианах, имеют разное местное время. Пользоваться местным временем крайне неудобно. Поэтому введено **поясное время**. Для этого поверхность земного шара разделена на 24 часовых пояса по  $15^\circ$  (дуговых) в каждом. Это деление произведено из расчета, что Земля совершает полный свой оборот ( $360^\circ$ ) вокруг оси за 24 часа и, следовательно, за 1 час поворачивается на  $15^\circ$  ( $360:24=15^\circ$ ). Пояса имеют нумерацию от 0 до 23, причем за нулевой пояс принят тот, средний меридиан которого проходит через Гринвич. Номера поясов увеличиваются от Гринвича к востоку. В каждом поясе по всей его ширине принимают одно и то же время, равное среднему солнечному времени среднего меридиана (кратного  $15^\circ$ ) данного пояса. Следовательно, на всем земном шаре принято 24 различных времени, которые отличаются друг от друга на целое число часов. Переход от времени одного пояса к времени любого другого пояса не представляет труда, для этого надо знать только номера поясов. Так, например, если в поясе V наступило 13 час 15 мин, то в этот момент к востоку от него в поясе VI наступает 14 час 15 мин, в поясе VII 15 час 15 мин, в поясе VIII 16 час 15 мин и т. д., а на поясах, лежащих к западу от пояса V, наступит 12 час 15 мин (пояс IV), 11 час 15 мин (пояс III) и т. д.

Границы поясов должны проходить по меридианам, лежащим на  $7,5^\circ$  к востоку и к западу от среднего меридиана (кратного  $15^\circ$ ) данного пояса. Однако точно по этим меридианам границы поясов проведены только в открытых морях и океанах, а в остальных местах вблизи них с учетом государственных границ, границ административно-экономических районов, вдоль рек и других естественных границ (см. приложение 2).

**Декретное время.** В целях более рационального использования светлого времени суток в ряде стран часы переведены на один час вперед по отношению к поясному времени (иногда это делается только на летний период).

В СССР декретом СНК с 16 июля 1930 г. часы переведены на один час вперед и тем самым введено декретное время.

Таким образом, имеются четыре исчисления времени: истинное солнечное, среднее солнечное, поясное и декретное. Переход от одного времени к другому не представляет трудностей. Для вычисления поясного и декретного времени по среднему местному и наоборот нужно знать долготу данного пункта (достаточно с точностью до одной минуты дуги).

Определив разность долгот между средним меридианом данного пояса и данным пунктом, эту разность переводят во время исходя из того, что

360° дуги соответствуют . . . . .	24 час
15°   "       "       . . . . .	1 час
1°   "       "       . . . . .	4 мин
1'   "       "       . . . . .	4 сек

Найденное по разности долгот время прибавляют к поясному или отнимают от него в зависимости от того, к востоку или к западу от среднего меридиана пояса лежит данный пункт.

Таким образом, зная поясное или декретное время и долготу станции, можно всегда рассчитать среднее местное солнечное время, и наоборот.

## Общие сведения о метеорологических приборах.

### Основные требования к ним

Метеорологическими приборами называют приборы и установки, с помощью которых измеряют и регистрируют значения метеорологических элементов. Каждый прибор, в том числе и

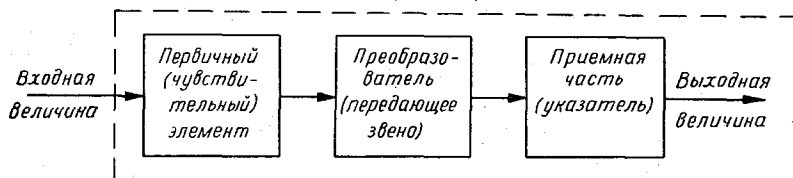


Рис. 1.2.

метеорологический, состоит из ряда элементов (звеньев). У многих приборов число элементов достаточно велико. Мы рассмотрим наиболее простую схему, когда прибор состоит из трех элементов (рис. 1.2). Первичный (чувствительный) элемент воспринимает определенное физическое воздействие окружающей

среды (например, температуру воздуха или давление атмосферы) и преобразует его в другую физическую величину, которая через передающее звено (преобразователь) передается в приемную (указывающую) часть прибора.

Передающее звено может выполнять различные функции — от передачи механических перемещений первичного элемента в приемную часть до сложных преобразований, как количественных (например, умножение), так и качественных (например, преобразование угловых величин в электрический ток или напряжение).

Почти все приборы, применяемые на метеорологических станциях, являются измерительными. Воспринимая на входе некоторую физическую величину, характеризующую состояние атмосферы (например, давление), они на выходе выдают значение этой величины в принятых для ее измерения единицах

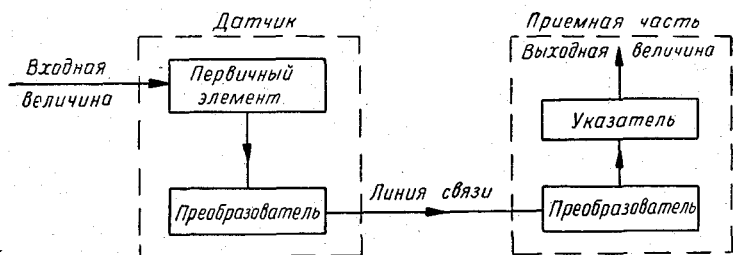


Рис. 1.3.

(например, давление в миллибарах). Некоторые метеорологические приборы выдают измеряемую величину не в принятых для данного элемента единицах, а в каких-либо условных. В таких случаях конечный результат получается не непосредственно по показаниям прибора, а после производства некоторых вычислений.

Для метеорологических измерений широко используются приборы дистанционного действия, которые позволяют производить измерения на расстоянии до нескольких тысяч метров от точки замера.

В месте (точке) замера находится датчик дистанционного прибора, подключаемый через линии связи к приемной части (рис. 1.3).

Дистанционный прибор при всех прочих равных условиях всегда несколько сложнее, чем прибор, производящий измерения непосредственно в месте отсчета (измерительный прибор местного действия).

В дистанционном приборе процесс измерения складывается из большого числа операций преобразования промежуточных величин. Поэтому он содержит и большее число звеньев. Дат-



чик с помощью первичного (чувствительного) элемента (рис. 1.3) воспринимает измеряемую величину и преобразует ее в некоторый физический параметр. Преобразователь датчика преобразует этот параметр в другой параметр, пригодный для передачи по линии связи в приемное устройство. Преобразователь приемного устройства преобразует полученную от датчика величину в форму, пригодную для восприятия указывающим устройством, по которому производится отсчет. В зависимости от назначения дистанционного прибора, его принципа действия и конструкции в датчике и в приемнике может быть различное число преобразователей.

Если метеорологический прибор предназначен для регистрации (записи) значения измеряемой величины, то он имеет дополнительные звенья, которые составляют регистрирующее устройство, обеспечивающее запись в заданной форме.

К метеорологическим приборам предъявляется ряд специфических требований. Из них некоторые являются обязательными для большинства метеорологических приборов.

Почти все метеорологические приборы предназначены для работы в естественных условиях в любых климатических зонах. Поэтому они должны безотказно работать при температуре от  $-60$  до  $+45^{\circ}$ , влажности до  $100\%$ , выпадении жидких и твердых осадков, тумане и т. д. В связи с этим приборы должны иметь очень хорошие антикоррозионные покрытия; детали, не допускающие покрытий, должны быть изготовлены из антикоррозионных материалов. Приборы не должны бояться больших ветровых нагрузок, пыли.

Метеорологические приборы рассылаются и устанавливаются на метеорологических станциях, часто значительно удаленных от центральных учреждений. Доставка приборов на такие станции и их возврат связаны с определенными трудностями, поэтому необходимо, чтобы метеорологические приборы могли работать без какого-либо ремонта возможно более продолжительное время, сохраняя точность своих показаний.

Должен быть также учтен и экономический фактор. Метеорологические приборы, которыми снабжаются станции, являются массовыми и поэтому они должны быть дешевыми, однако дешевизна ни в коем случае не должна достигаться за счет снижения требований к основным качествам приборов — к их надежности и точности.

С помощью метеорологических приборов производится большое число измерений, поэтому желательно, чтобы конструкция прибора обеспечивала простоту производства измерений и получение правильных результатов непосредственно в искомых величинах (без каких-либо дополнительных вычислений и операций).

Для сравнимости результатов измерений метеорологических элементов, производимых на большом числе станций, необходимо, чтобы применялись однотипные приборы.

Измерение метеорологических элементов необходимо производить с определенной точностью, в ряде случаев — с достаточно высокой.

Точность измерений снижается за счет погрешностей. Погрешности можно разделить на систематические и случайные. При многократном измерении одним прибором (по определенному методу) одной и той же величины систематическая ошибка остается постоянной или изменяется по определенному закону, поэтому она может быть выявлена и исключена. Систематические погрешности исключаются введением поправок на показания приборов, а также путем правильно выбранной методики и условий измерения.

Случайные погрешности — неопределенные как по величине, так и по природе своего возникновения. Они обусловлены причинами, зависящими от качества измерительных приборов и внешних условий. Частичного исключения случайной погрешности можно достичь многократными измерениями.

Для исключения систематических погрешностей метеорологических измерений, обусловленных неточностью показаний приборов, все метеорологические приборы подвергаются поверке.

Поверка метеорологических приборов осуществляется поверочными органами Гидрометслужбы, задачей которых является обеспечение государственного надзора за правильностью и надежностью показаний гидрометеорологических приборов, выпускаемых промышленностью и применяемых на сети гидрометеорологических станций.

Правом государственной поверки метеорологических приборов пользуются Центральное бюро поверки гидрометприборов при Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (ЦБП ГМП при ГГО), Бюро поверки УГМС и ОТК заводов гидрометприборов при постоянно действующем инспекторском надзоре ЦБП ГМП при ГГО.

Требования, которым должны удовлетворять приборы, применяемые на сети станций Гидрометслужбы, излагаются в технических условиях на их изготовление и поставку. Для широко распространенных приборов основные требования к ним устанавливаются Государственными общесоюзными стандартами (ГОСТами).

При поверке устанавливается соответствие измерительных приборов тем требованиям ГОСТов и утвержденных технических условий, которые определяют правильность показаний приборов. Поверка приборов осуществляется путем сравнения их с образцовыми контрольными приборами. Показания образцовых приборов должны быть приведены к показаниям эталонов,

принятых в СССР. По результатам поверки определяются поправки прибора или дается его градуировка, а также оценивается годность прибора. Поправкой называют величину, которую нужно прибавить (алгебраически) к показаниям прибора, чтобы получить истинную величину измеряемого элемента.

Поверка метеорологических приборов производится по специально разработанной методике, предусматривающей исключение систематических и уменьшение случайных погрешностей самой поверки. Методика поверки метеорологических приборов определяется «Руководством по поверке метеорологических приборов» (Гидрометеиздат, Л., 1966).

На поверенные приборы выдается поверочное свидетельство установленного образца. Поверочное свидетельство содержит в себе поправки прибора или результаты его градуировки, которые используются при работе с прибором. Для некоторых приборов эти данные заносятся в архивный журнал, хранящийся в Бюро поверки, с тем чтобы в случае необходимости поверочное свидетельство могло быть восстановлено.

Приборы, признанные годными, клеймятся государственным поверочным клеймом и индексом бюро поверки, поверившего прибор.

Если приборы предназначены для грубых или относительных измерений, то поправки в поверочном свидетельстве не указываются (поверочное свидетельство удостоверяет годность прибора к работе), а некоторые из таких приборов выпускаются без поверочного свидетельства.

В результате износа приборы меняют свои характеристики, поэтому они должны подвергаться периодической повторной поверке. Необходимость повторной поверки определяется для большинства приборов при инспекции (специалистами УГМС и ГМО) или начальником станции.

Для обеспечения сравнимости результатов измерений необходимо также, чтобы измерения и обработка результатов измерения выполнялись строго по единообразной методике. Это обеспечивается точным выполнением наставлений, руководств и методических указаний ГУГМС.

Контроль за точным выполнением методических указаний каждой метеорологической станцией и постом осуществляется руководящим центром путем инспектирования станций высококвалифицированными работниками. Инспекторы детально знакомятся на месте с работой, проводимой на станции, производят поверку приборов и установок и инструктируют наблюдателей.

В связи с появлением метеорологической аппаратуры, обслуживание, установка, регулировка и ремонт которой требуют высокой квалификации, в УГМС созданы отделы новой техники и монтажно-ремонтные партии (МРП). Специалисты МРП

обеспечивают текущий и средний ремонт аппаратуры, установку ее на месте эксплуатации, а также инструктируют обслуживающий персонал станции и консультируют по вопросам, связанным с использованием новой аппаратуры.

## **Метеорологическая станция и метеорологическая площадка**

**Метеорологическая станция.** Все измерения метеорологических элементов, т. е. наблюдения за физическими процессами и явлениями, происходящими в атмосфере, производятся на метеорологических станциях. Большинство измерений производится по приборам, установленным на площадке, и только отдельные измерения — по приборам, установленным в служебном помещении станции.

Для обеспечения единообразия измерений установка приборов должна быть однотипной, удовлетворяющей определенным требованиям. Поэтому выбору места для устройства метеорологической площадки, размещения на ней приборов и уходу за площадкой должно уделяться большое внимание.

**Метеорологическая площадка.** Для метеорологической площадки выбирается место, типичное для района, в котором она расположена, для того чтобы измерения, производимые на этой площадке, возможно точнее характеризовали значение метеорологических элементов в данном районе (радиусом порядка нескольких десятков километров).

Согласно «Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 3, ч. 1, 1958, размер метеорологической площадки должен быть  $26 \times 26$  м (допускаются минимальные размеры  $16 \times 20$  м). Независимо от характера окружающей местности сама площадка должна быть по возможности ровной и находиться на открытом месте на расстоянии не менее 10-кратной высоты ближайшего строения, деревьев и т. п. и не ближе чем в 100 м от больших водоемов. В то же время при выборе площадки следует избегать чрезмерно открытых мест, где возможны завышенные скорости ветра, снежные заносы и т. п.

Размер метеорологической площадки определяется объемом работ станции. На станциях, где не производятся актинометрические измерения, площадки делаются квадратными и ориентируются так, чтобы стороны квадрата были направлены с севера на юг (и с востока на запад). На станциях, где проводятся актинометрические измерения, площадка делается прямоугольной, длинная сторона прямоугольника направлена с севера на юг. Актинометрические приборы устанавливаются в южной части площадки. На рис. 1.4 дан примерный план такой метеорологической площадки.

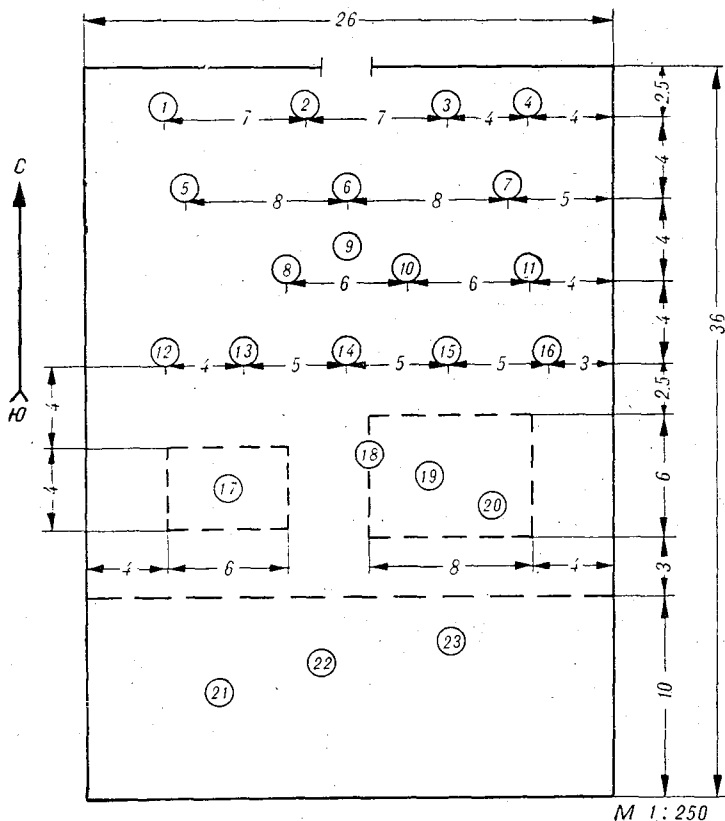
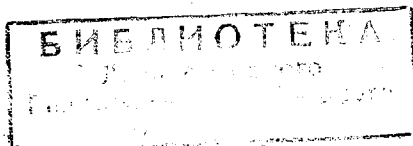


Рис. 1.4. План метеорологической площадки.

1 — флюгер с легкой доской, 2 — анеморумбومتر (или флюгер с тяжелой доской), 3 — анеморумбограф, 4 — гололедный станок, 5 — психрометрическая будка, 6 — запасная будка, 7 — будка для самописцев, 8 — осадкомер, 9 — снегомерная рейка, 10 — плювиограф, 11 — запасной столб для осадкомера, 12 — снегомерная рейка, 13 — столб для шаропилотных наблюдений, 14 — гелиограф, 15 — ледоскоп, 16 — россограф, 17 — термометры для измерения температуры почвы (на оголенной от растительности площадке), 18 — снегомерная рейка (устанавливается на площадке даже при наличии постоянного участка за пределами площадки и отсутствии в программе работы станции наблюдений по вытяжным термометрам), 19 — термометры для измерения температуры почвы на площадке с естественным растительным покровом, 20 — мерзлотомер, 21 — психрометрическая установка (мачты с психрометрами), 22 — анемометрическая установка (мачты с анемометрами), 23 — актинометрическая стойка с приборами. Расстояние между приборами и размеры даны в метрах.



Участок, выбранный для площадки, выравнивают (срезают бугры, кусты, выкорчевывают пни) и обносят оградой из сетки или штакетника. Такие ограды обеспечивают хорошую продуваемость площадки и не вносят искажений в измерения. Установка оград в виде сплошных высоких щитов из массивных железных или других конструкций не допускается.

Метеорологическая площадка должна быть оборудована так, чтобы исключалась возможность внесения случайных искажений в распределение метеорологических элементов, как, например, из-за изменений рельефа площадки, высоты установки приборов и т. д. Это обеспечивается правильным и систематическим уходом за площадкой.

Покров метеорологической площадки должен по возможности поддерживаться в естественном состоянии, для чего подход к приборам, установленным на площадке, допускается только по дорожкам. Однако в местах, где травяной покров летом сильно разрастается, его срезают (скашивают) до высоты 20 см. В зимнее время не следует нарушать естественное состояние снежного покрова, но в случае образования сугробов их следует удалять.

Показания отдельных приборов, устанавливаемых в жалюзийной будке, зависят от высоты их установки, поэтому в зимнее время при большой высоте снежного покрова (более 1 м) жалюзийная будка переставляется выше на 1 м на специальную подставку (или устанавливается запасная будка).

Ограда станции, все подставки для приборов и столбы при нагревании солнечными лучами могут внести искажения в температурный режим площадки, поэтому для уменьшения нагревания они окрашиваются белой масляной краской.

Служебное помещение станции в зависимости от типа станции должно состоять из одной-двух комнат общей площадью 15—40 м<sup>2</sup>.

### **Сроки и порядок производства измерений и наблюдений**

**Сроки наблюдений.** До 1966 г. все гидрометеорологические станции производили измерения в так называемые климатологические сроки, т. е. в 1, 7, 13 и 19 час местного среднего солнечного времени. Кроме того, многие станции вели дополнительные наблюдения в синоптические сроки по московскому декретному времени. С 1966 г. на всех гидрометеорологических станциях наблюдения производятся в восемь сроков — в 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 час по московскому декретному времени.

В восемь сроков синхронных наблюдений должны определяться атмосферное давление, характеристики ветра, дальность видимости, температура и влажность воздуха, облачность.

Таблица 1.2

## Примерный порядок производства наблюдений в единые сроки

Время московское декретное		Измеряемая (наблюдаемая) характеристика	Выполняемая работа
час	мин		
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	30		Подготовка установок и приборов к наблюдениям
Ближайшие к 8 и 20 час по декретному времени данного пояса		Состояние поверхности почвы	Производство наблюдений
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20		Метеорологическая видимость	Производство измерений
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20		Ветер	То же
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	30—50	Облачность	"
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20		Температура почвы	Производство измерений по термометрам на поверхности и на глубинах до 40 см. Измерения по термометрам на глубине 60 см и более производятся только в срок, ближайший к 13 час декретного времени данного пояса; зимой при снежном покрове высотой 15 см все показания термометров на глубинах отсчитываются только в этот срок

Время московское декретное		Измеряемая (наблюдаемая) характеристика	Выполняемая работа
час	мин		
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	50	Температура и влажность воздуха	Производство измерений. Нанесение меток (времени) на лентах термографа и гигрографа. Смена лент производится у термографа и гигрографа в срок, ближайший к 13 час декретного времени данного пояса
В 3-часовой и 15-часовой сроки и в сроки, ближайшие к 8 и 20 час по поясному декретному времени		Осадки	Смена ведер осадкомера. Нанесение меток (времени) на лентах плювиографа. Смена лент плювиографа в срок, ближайший к 20 час декретного времени данного пояса
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	58	Давление атмосферы	Измеряется по барометру. Нанесение меток (времени) на лентах барографа. Смена лент в срок, ближайший к 13 час декретного времени данного пояса

Примечания: 1. Смена лент гелиографа, наблюдения над облечением и снегомерные съемки производятся в различные сроки согласно указаниям «Наставления», вып. 3, ч. 1, 1958.

2. Наблюдения над атмосферными явлениями производятся непрерывно в течение суток.

3. Смачивание батиста психометрического термометра в зимнее время производится за 30 мин до отсчета термометров в психометрической будке, когда производится обход метеорологической площадки.

4. При наличии на станции недельного барографа нанесение меток времени, на лентах производится один раз в сутки в срок, ближайший к 13 час декретного времени данного пояса (смена лент в тот же срок по понедельникам).

5. Наблюдения над снежным покровом по постоянным рейкам производятся в срок, ближайший к 8 час декретного времени данного пояса. Точное время наблюдений устанавливается начальником станции.



В сроки, ближайшие к 8 и 20 час по декретному времени данного пояса (пояса, в котором расположена станция), производятся измерения количества осадков и наблюдения за состоянием почвы. Измерение осадков, кроме того, производится в 3 и 15 час по московскому декретному времени. При наличии снежного покрова производятся периодические снегомерные съемки, а в 8 час по декретному времени данного пояса ведутся наблюдения над снежным покровом.

Кроме того, на ряде станций ведутся наблюдения над облачением, измеряется продолжительность солнечного сияния, температура почвы на разных глубинах, а также производится непрерывная регистрация атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, количества жидких осадков и характеристик ветра.

**Порядок производства измерений в сроки наблюдений.** Для производства измерений установлен определенный порядок. Отступления разрешаются только в исключительных случаях, оговоренных в Наставлении (например, при появлении штормового явления наблюдения прерываются для подачи телеграммы о поступлении штормового явления). Примерный порядок и последовательность наблюдений приведены в табл. 1.2. Наблюдения начинаются за 30 мин до наступления срока подготовки приборов и установок к производству измерений.

## ГЛАВА 2

### ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

#### Общие понятия температуры, температурные шкалы

Измерение температуры производится на метеорологических станциях всех типов. Измеряется температура воздуха, почвы, снега и воды.

Известно, что при изменении температуры тела меняются его физические свойства: плотность, электропроводность, линейные размеры, объем и др. По изменениям того или иного свойства тела, зная характер зависимости данного свойства от температуры, можно определить температуру тела. Практически температура тела определяется не непосредственно, а с помощью термометров. При этом исходят из известного положения, что если два изолированных от внешних воздействий тела, между которыми обеспечена возможность теплообмена, не изменяют своего состояния, они находятся в тепловом равновесии и температуру их можно считать равной.

Таким образом, если для тела, температуру которого надо измерить, и термометра создать условия для теплообмена и исключить возможность какого-либо внешнего влияния на них, то после установления теплового равновесия температуры термометра и тела станут равными и поэтому показания термометра будут соответствовать температуре тела.

Для того чтобы с помощью различных термометров получать сравнимые между собой данные (чтобы различные термометры давали одни и те же показания при одинаковых температурных условиях), градуировка всех термометров производится по шкалам, связанным с определенными реперными (постоянными) точками. В качестве реперных точек принята температура плавления льда и температура пара кипящей воды при нормальном давлении (760 мм). Температурные шкалы термометров различаются в зависимости от обозначения вы-

бранных реперных точек и числа равных отрезков — градусов, на которое делится интервал между ними.

Рассмотрим некоторые наиболее распространенные шкалы.

**Международная практическая температурная шкала** является в настоящее время основной. Она основана на шести первичных постоянных (реперных) точках состояния равновесия, которым присвоены числовые значения температуры (см. приложение 4).

Температура по Международной практической температурной шкале выражается в градусах шкалы Цельсия, в которой температурный интервал между точками плавления льда и кипения воды при нормальном атмосферном давлении разделен на 100 равных частей — градусов.

По международной шкале, как и по шкале Цельсия, точкам плавления льда и кипения воды приданы числовые значения — соответственно 0 и 100°. Градус международной температурной шкалы обозначается °C.

**Шкала Фаренгейта.** Температурный интервал между реперными точками плавления льда и кипения воды по этой шкале разделен на 180 частей (градусов). Указанным реперным точкам приданы числовые значения: точке плавления льда 32, точке кипения воды 112. Градус этой шкалы обозначается °F.

В СССР принята Международная практическая температурная шкала.

Иногда приходится переводить показания термометров из одной шкалы в другую. В этом случае на основании ранее изложенного можно применять следующие соотношения: для пересчета температуры по шкале Фаренгейта  $t_F$  в градусы по Международной шкале  $t_C$

$$t_C = \frac{5}{9} (t_F - 32), \quad (2.1)$$

для пересчета температуры по Международной шкале  $t_C$  в градусы по шкале Фаренгейта

$$t_F = \frac{9}{5} t_C + 32. \quad (2.2)$$

✓ **Инерция термометров.** Термометр, помещенный в какую-либо среду для измерения ее температуры, принимает температуру среды не мгновенно. Время, необходимое для этого, будет зависеть от интенсивности теплообмена между средой и термометром и от параметров термометра. Один и тот же термометр при всех прочих равных условиях скорее примет температуру движущегося относительно него воздуха, чем неподвижного. Количество тепла, которое за каждый малый отрезок времени  $\Delta t$  термометр получает от среды (или отдает среде), будет пропорционально этому отрезку времени, разности температур термометра

и среды, а также будет зависеть от размеров поверхности термометра, через которую осуществляется теплообмен со средой. Это количество тепла с достаточной точностью определяется уравнением<sup>1</sup>

$$\Delta Q = -hS(t - \theta)\Delta\tau, \quad (2.3)$$

где  $\Delta Q$  — тепло, получаемое (теряемое) термометром за время  $\Delta\tau$ ;  $h$  — коэффициент внешнего теплообмена, зависящий от характеристик термометра и среды;  $S$  — площадь поверхности термометра, через которую осуществляется теплообмен;  $t$  — температура термометра в данный момент;  $\theta$  — температура среды, принимаемая постоянной.

Изменение температуры термометра в зависимости от количества полученного им тепла может быть выражено уравнением

$$\Delta Q = cm\Delta t, \quad (2.4)$$

где  $c$  — теплоемкость вещества термометра;  $m$  — масса термометра;  $\Delta t$  — изменение температуры термометра, вызванное притоком тепла  $\Delta Q$ .

Переходя к бесконечно малым отрезкам времени, т. е. когда  $\Delta\tau \rightarrow d\tau$ ,  $\Delta Q \rightarrow dQ$  и  $\Delta t \rightarrow dt$ , на основании уравнений (2.3) и (2.4) получаем

$$\frac{dt}{d\tau} = -\frac{1}{\lambda}(t - \theta), \quad (2.5)$$

где  $\lambda = \frac{mc}{hS}$ . Уравнение (2.5) выражает скорость изменения температуры термометра. Эта скорость оказывается обратно пропорциональной величине  $\lambda$ , называемой коэффициентом термической инерции термометра.

В случае постоянства температуры среды уравнение (2.5) может быть проинтегрировано

$$\int \frac{dt}{t - \theta} = \frac{1}{\lambda} \int d\tau,$$

откуда

$$t - \theta = ce^{-\frac{\tau}{\lambda}}, \quad (2.6)$$

где постоянная интегрирования  $c$  определяется из начальных условий при  $\tau=0$ ,  $t=t_0$ , т. е.  $c=t_0 - \theta$ ; подставив в (2.6) значение  $c$  получаем

$$\frac{t - \theta}{t_0 - \theta} = e^{-\frac{\tau}{\lambda}}. \quad (2.7)$$

<sup>1</sup> Знак минус (—) перед правой частью уравнения (2.3) соответствует случаю потери тепла  $\Delta Q$  термометром.

Из уравнений (2.6) и (2.7) видно, что разность между температурой термометра и среды стремится к нулю. Это происходит тем быстрее, чем меньше  $\lambda$  (рис. 2.1).

Уравнение (2.7) является также исходным для установления зависимости между коэффициентом инерции  $\lambda$  и допустимыми разностями температур термометра и среды в момент измерения, т. е. для определения погрешностей измерения, обусловленных инерцией термометра.

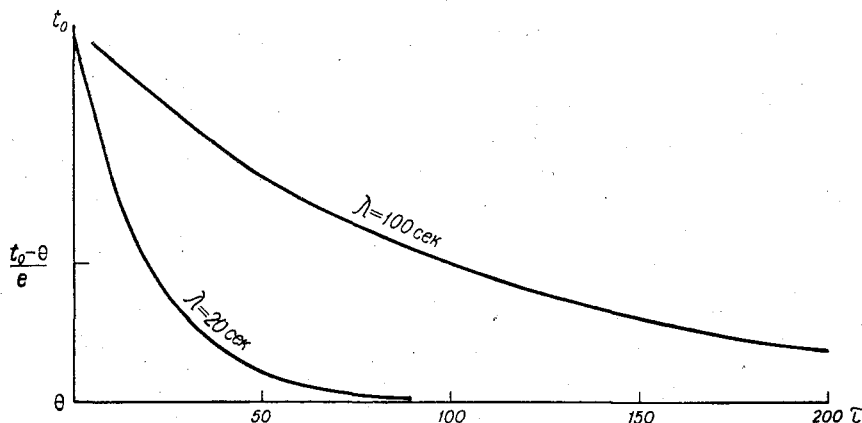


Рис. 2.1. Ход восприятия температуры окружающей среды термометрами с различной инерцией.

Если в уравнении (2.7) положить время  $\tau$  численно равным коэффициенту инерции  $\lambda$ , то получим

$$\frac{t_0 - \theta}{t - \theta} = e. \quad (2.8)$$

На основании уравнений (2.7) и (2.8) коэффициент инерции термометра определяется как время, за которое первоначальная разность температур термометра и среды уменьшается в  $e$  раз ( $e=2,718$ ). С помощью формулы (2.8)  $\lambda$  может быть определена экспериментально. Для этого, нагрев термометр на некоторое число градусов выше температуры среды, помещают термометр в среду; зная температуру среды  $\theta$ , измеряют по секундомеру время, за которое термометр изменит температуру от произвольно выбранного  $t_0$  до  $t$ , вычисленного на основании формулы (2.8).

*Пример.* Пусть температура среды  $\theta=16^\circ$ ; произвольно выбираем  $t_0=30^\circ$ . На основании уравнения (2.8) вычисляем

$$t = \frac{t_0 - \theta}{e} + \theta$$

и после подстановки получаем

$$t = \frac{30 - 16}{2,718} + 16 = 21,2.$$

Затем нагреваем термометр несколько выше  $30^\circ$  (например, до  $40^\circ$ ) и помещаем его в среду. В момент, когда его температура достигает  $30^\circ$ , включаем секундомер; в момент, когда его температура достигает  $21,2^\circ$ , выключаем секундомер. Показания секундомера дадут величину коэффициента инерции термометра.

На основании выражения (2.7) можно также определить время, необходимое для того, чтобы термометр с известным коэффициентом инерции, помещенный в среду, принял ее температуру с заданной точностью.

*Пример.* Определим время, которое нужно для того, чтобы термометр, имеющий температуру  $30^\circ$ , принял температуру среды  $20^\circ$  с точностью до 0,1 (т. е.  $t - \theta = 0,1$ ), если его коэффициент инерции в данной среде равен 100 сек. Логарифмируя уравнение (2.7), имеем:

$$\tau = \lambda \ln \frac{t_0 - \theta}{t - \theta}.$$

Подставляя значения  $\theta$ ,  $t_0$  и  $\lambda$ , получаем

$$\tau = 100 \ln \frac{10}{0,1}$$

и, переходя к десятичным логарифмам, вычисляем

$$\tau = 100 \times \frac{1}{0,4343} \lg \frac{10}{0,1} = 100 \times \frac{2}{0,4343} = 460 \text{ сек} = 7 \text{ мин } 40 \text{ сек.}$$

Коэффициент инерции термометра в жидкой и газообразной среде зависит от скорости перемещения среды относительно термометра. Эта зависимость является следствием изменения коэффициента внешнего теплообмена с изменением относительной скорости движения среды.

Установлено, что коэффициент инерции термометра в воздушной среде обратно пропорционален корню квадратному из скорости движения воздуха относительно термометра.

### Виды термометров

Вид термометра определяется физической характеристикой, выбранной в качестве его термометрического свойства и положенной в основу принципа действия данного термометра. Наибольшее применение в метеорологии имеют:

- 1) жидкостные термометры, основанные на принципе изменения объема жидкости при изменении температуры;
- 2) деформационные термометры, основанные на принципе изменения линейных размеров (и благодаря этому иногда формы) твердых тел с изменением температуры;

3) термометры сопротивления, основанные на принципе изменения электропроводности тел с изменением температуры.

Реже применяются:

4) термоэлектрические термометры (термопары), основанные на принципе изменения электродвижущей силы термопар при изменении разности температуры спаев.

### **Жидкостные термометры**

Основной частью жидкостного термометра является резервуар, соединенный с капиллярной трубкой, свободный конец которой запаян. Резервуар наполнен жидкостью. При нагревании такой системы жидкость, имеющая больший температурный коэффициент объемного расширения, чем стекло (резервуар и капилляр), начинает заполнять капилляр. По степени заполнения капилляра жидкостью судят о температуре. Канал капиллярной трубки должен иметь постоянную площадь сечения (без вздутий и сужений), что обеспечивает постоянство величины градуса на шкале термометра.

**Термометрическое стекло.** Ввиду того что в жидкостных термометрах наблюдается не истинное расширение жидкости, а только кажущееся, которое является разностью между расширением самой жидкости и стеклянной оболочки, то сорт стекла, из которого изготовлен термометр, имеет чрезвычайно большое значение. Термометр стал точным измерительным прибором только после того, как были детально изучены свойства различных сортов стекла, из которых изготавливаются термометры.

Для изготовления метеорологических термометров используется специальное термометрическое стекло с коэффициентом термического расширения 0,0000253. Коэффициент кажущегося расширения ртути в оболочке из термометрического стекла равен 0,000156.

**Изменение реперных точек у термометров.** Высокие требования, предъявляемые к точности измерения температуры, вызвали целый ряд весьма тщательных исследований термометров с жидкостями в стеклянной оболочке. Было установлено, что реперные точки таких термометров не остаются постоянными, а с течением времени несколько смещаются. Смещение основных точек термометров бывает двух родов: медленное, постепенное, вызывающее повышение показаний термометра, так называемое вековое смещение реперных точек, и временное, вызывающее понижение его показаний.

Все подобные исследования велись над термометрами в основном при постоянной точке таяния льда ( $0^{\circ}$ ), поэтому в дальнейшем приводятся данные измерения этой точки термометра (однако это в такой же мере относится и к точке  $100^{\circ}$ ).

Постепенное повышение точки нуля термометра является следствием остаточных деформаций стекла.

Пусть при погружении термометра в тающий лед сразу после его изготовления конец его ртутного столбика в капилляре точно совпадает с нулевой чертой, нанесенной на шкале, т. е. отсчет при  $0^{\circ}$  будет равен  $0,00^{\circ}$ . Если через некоторый промежуток времени (1—2 года) снова погрузить этот термометр в тающий лед, то столбик ртути не совпадает с нулевой чертой, а окажется несколько выше ее, т. е. нулевая точка термометра как бы повысится.

Установлено, что: 1) повышение точки нуля зависит от сорта стекла, 2) скорость измерения точки нуля убывает со временем, 3) изменение точки нуля происходит быстрее при более высоких температурах, чем при низких, так, например, летом скорее, чем зимой.

Повышение точки нуля у термометров, изготовленных из термометрического стекла, за пять лет составляет около  $0,05^{\circ}$ .

При изготовлении термометров их стеклянные оболочки искусственно «старят» термической обработкой. Такие термометры значительно меньше подвержены изменению точки нуля.

**Временные понижения точки  $0^{\circ}$ .** Кроме векового понижения точки нуля, у термометров существуют еще временные понижения, или «депрессии», точки нуля.

Если определить точку нуля у термометра, который долгое время находился при одной и той же температуре, а затем подвергнуть этот термометр хотя бы кратковременному действию более высокой температуры и вновь определить точку нуля, то окажется, что его новое показание при  $0^{\circ}$  будет ниже прежнего. Эта депрессия точки нуля при кратковременном нагревании объясняется остаточным расширением стекла (резервуара) после нагревания, которое исчезает не сразу.

Временная депрессия точки нуля у термометров зависит: 1) от величины температуры нагревания термометра (чем выше температура нагревания, тем больше величина депрессии); 2) от продолжительности нагревания, 3) от сорта стекла.

Величина депрессии для термометров, изготовленных из термометрического стекла, при нагревании их до  $40$ — $50^{\circ}$  равна  $0,02$ — $0,04^{\circ}$ .

Временная депрессия в первые же часы после нагревания уменьшается наполовину и совершенно исчезает через 15—20 дней.

**Термометрические жидкости.** В качестве термометрических жидкостей для метеорологических термометров применяют ртуть и спирт. Эти вещества имеют следующие свойства.

Ртуть — точка плавления  $-38,87^{\circ}$ , точка кипения  $356,9^{\circ}$ , коэффициент расширения (при  $18^{\circ}$ )  $0,000181$ .



Спирт — алкоголь этиловый, точка плавления  $117,3^{\circ}$ , точка кипения  $78,5^{\circ}$ , коэффициент расширения (при  $18^{\circ}$ ) 0,00110.

Ртуть как термометрическое вещество обладает рядом достоинств. Малая удельная теплоемкость, большая теплопроводность, сравнительно легкое получение ртути в химически чистом виде и, наконец, несмачиваемость стекла ртутью — все это позволяет изготавливать ртутные термометры весьма высокой точности. Недостатком ртути как термометрической жидкости является сравнительно небольшой коэффициент расширения; у спирта он значительно больше. Кроме того, ртуть в качестве термометрической жидкости пригодна не для всего интервала температур, встречающихся при метеорологических измерениях. Поэтому в метеорологии наряду с ртутными термометрами приходится пользоваться термометрами спиртовыми. Но спирт, имея сравнительно низкую точку кипения, является малопригодным для измерения высоких положительных температур. Поэтому область применения спиртовых термометров также ограничена. Кроме того, спирт смачивает стекло, что в значительной степени влияет на точность показания термометра, так как при быстром понижении температуры часть жидкости остается на стенках капилляра. В качестве термометрической жидкости могут быть использованы некоторые амальгамы ртути. Так, например, сплав ртути и таллия с 4%-ным содержанием последнего может быть использован в качестве термометрической жидкости, которая обеспечивает измерение температур от  $-62$  до  $+40^{\circ}$ .

В зависимости от термометрической жидкости и назначения термометра объем внутри капилляра, оставшийся свободным от жидкости, вакуумируют или заполняют под тем или иным давлением газом. Так, например, в ртутных термометрах пространство над жидкостью оставляют под вакуумом или заполняют под небольшим давлением азотом, а в спиртовых — воздухом под значительным давлением.

**Чувствительность термометра.** Возможная точность отсчета по шкале термометра определяется чувствительностью термометра к изменению температуры среды. Чем больше чувствительность термометра, тем с большей точностью возможен отсчет по его шкале.

Чувствительность термометра характеризуется длиной одного градуса его шкалы (в миллиметрах). Для жидкостных термометров чувствительность выражается формулой

$$L = V_0 \frac{\alpha - \beta}{S}, \quad (2.9)$$

где  $L$  — длина градуса шкалы,  $V_0$  — объем резервуара при  $0^{\circ}$ ,  $S$  — площадь сечения канала капилляра,  $\alpha$  — коэффициент объемного расширения термометрической жидкости,  $\beta$  — коэффициент объемного расширения термометрического стекла.

Из формулы (2.9) видно, что увеличение чувствительности термометра достигается увеличением резервуара термометра и уменьшением площади сечения капилляра. Выгодно также применять жидкость с большими, а стекло с малыми коэффициентами объемного расширения. Однако следует учитывать, что увеличение чувствительности за счет чрезмерного сужения капилляра может привести к значительному увеличению трения при перемещении жидкости в капилляре, а увеличение чувствительности за счет увеличения резервуара приводит к увеличению инерционности термометра.

Кроме того, значительное увеличение чувствительности жидкостного термометра при заданных пределах вызывает соответствующее увеличение его длины, что нецелесообразно.

### **Метеорологические жидкостные термометры**

В метеорологии в зависимости от назначения применяются жидкостные термометры нескольких конструкций, отличающиеся формой, чувствительностью, диапазоном измерений, методами изготовления и крепления шкалы и т. д. Шкала может быть нанесена непосредственно на стенках капилляра, который в этом случае изготавливается толстостенным. Такие термометры называют палочными. У большинства метеорологических термометров шкала наносится на пластинке, к которой прикреплен капилляр. Термометры этой конструкции называют термометрами со вставной шкалой. У этих термометров капилляр тонкостенный; шкала и капилляр заключаются в стеклянную защитную оболочку. Шкала нижней частью вставляется в седлообразный упор, к которому прижимается пружиной, находящейся внутри пробки, закрепленной в защитной оболочке. Капилляр крепится в двух местах к шкале проволокой.

Ртуть, которой наполняются термометры, должна быть химически чистой, осушенной. На внутренних стенках капилляра не должно быть никаких загрязнений, так как от этого могут получаться разрывы ртути. Внешняя оболочка термометра запаивается только после тщательной просушки, так как иначе внутри оболочки при изменении температуры может происходить конденсация водяного пара и отсчеты по такому термометру становятся затруднительными.

Метеорологические термометры в зависимости от своего назначения имеют некоторые особенности, отличаются по форме, размерам, термометрической жидкостью.

Чувствительность всех метеорологических термометров обеспечивает возможность снятия их показаний (отсчета) с точностью  $0,1^\circ$ .

Ниже дается краткое описание и приводятся основные технические характеристики термометров, применяемых при метеорологических измерениях.

**Психрометрический термометр (ТМ-4).** Психрометрический термометр используется для определения температуры, а также влажности воздуха. Это ртутный термометр со вставной шкалой из молочного стекла (рис. 2.2).

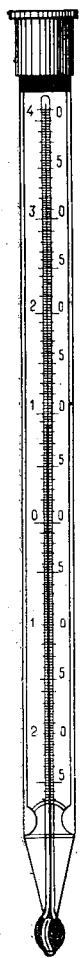


Рис. 2.2.  
Термометр  
ртутный  
психро-  
метрический.

Длина термометра около 400 мм.<sup>1</sup> Внешняя стеклянная оболочка имеет диаметр около 15 мм. Резервуар термометра шарообразной формы диаметром 9—12 мм. Капилляр термометра круглый с наружным диаметром не более 2,5 мм. Пространство над ртутью в капилляре заполняется азотом.

Для шкал психрометрических термометров приняты следующие пределы: верхний предел от +41 до +50° и нижний от —31 до —35°. На шкале нанесены деления через 0,2°, отсчет производится с точностью до 0,1 на глаз (рис. 2.3).

Положения ртути в капилляре, показанные на рис. 2.3, соответствуют значениям температуры 15,4° (а), 15,7° (б) и —1,7° (в)<sup>2</sup>. Деления, стоящие у градусов, оканчивающихся на 5, обозначены в виде черточек, иногда со стрелками или имеют цифру 5.

Коэффициент инерции психрометрических термометров в малоподвижном воздухе ( $v < 0,5$  м/сек) составляет около 300 сек. Для удобства установки термометра в специальном штативе на верхнем конце его защитной трубки при помощи сургуча укреплен металлический колпачок. Термометр устанавливается при работе (в психрометрической будке) в вертикальном положении.

Психрометрический термометр является основным термометром, принятым в метеорологии для измерения температуры воздуха.

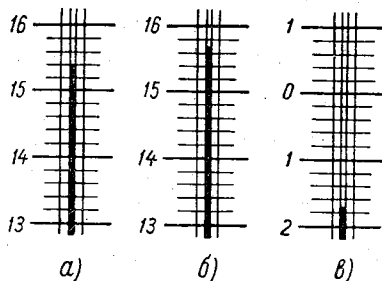
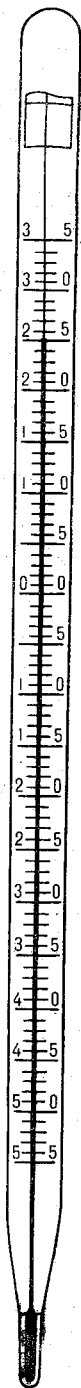


Рис. 2.3.

<sup>1</sup> Приводимые здесь и далее размеры термометров являются справочными, так как стандарты на термометры уточняются.

<sup>2</sup> Шкала психрометрического термометра оцифрована через 5°, а не через каждый градус, как это показано на рис. 2.3 (см. рис. 2.2).



**Дополнительный спиртовый термометр (ТМ-9).** Так как ртуть замерзает при  $-38,87^{\circ}$ , то для определения температуры воздуха ниже  $-35^{\circ}$  на метеорологических станциях употребляется специальный спиртовый термометр, так называемый дополнительный (к ртутному психрометрическому).

Устройство этого термометра отличается от психрометрического главным образом тем, что в качестве термометрической жидкости в нем используется спирт; он несколько длиннее психрометрического, резервуар термометра имеет форму цилиндра диаметром около 6 мм.

Шкала имеет пределы: верхний от  $+11$  до  $+21^{\circ}$ , нижний от  $-71$  до  $-81^{\circ}$ ; цена деления шкалы  $0,2^{\circ}$ . Этот термометр устанавливается вертикально в специальном гнезде штатива рядом с психрометрическим термометром и служит для определения температуры воздуха при низких ее значениях начиная от  $-35^{\circ}$ .

Наблюдения по дополнительному спиртовому термометру следует производить параллельно с психрометрическим ртутным, как только температура воздуха начнет опускаться ниже  $-20^{\circ}$ . Такие параллельные отсчеты по спиртовому и ртутному термометрам производятся для того, чтобы определить так называемую дополнительную поправку для спиртового термометра. Эта поправка необходима для исключения погрешности в показаниях термометра, возникающей вследствие того, что спирт в капилляре термометра может испаряться (конденсироваться в верхней его части) и количество спирта, по которому определяют температуру воздуха, будет уменьшаться.

**Термометр психрометрический ртутно-таллиевый** (рис. 2.4). Этот термометр в громадном большинстве районов нашей страны может обеспечить измерения температуры воздуха в пределах всего диапазона ее годового хода (измерения); следовательно, на станциях, где его применяют, нет необходимости в наличии дополнительного спиртового термометра.

Термометр этот со вставной шкалой, габариты близки к габаритам психрометрического ртутного. Его длина 380—390 мм, диаметр оболочки около 16 мм. Резервуар цилиндрический длиной 20 мм, диаметром около 6 мм. Коэффициент термической инерции около 300 сек. Нижний предел шкалы  $-55^{\circ}$ , верхний  $+35^{\circ}$ . На шкале

Рис. 2.4. Ртутно-таллиевый психрометрический термометр.

термометра деления нанесены через  $0,2^\circ$ ; размер делений позволяет производить отсчет с точностью до  $0,1^\circ$ ; шкала оцифрована через каждые  $5^\circ$ .

При установке на станциях на верхнем конце термометра с помощью сургуча укрепляется защитный колпачок.

**Максимальный термометр (ТМ-1).** Этот термометр служит для определения максимального значения температуры в какой-либо промежуток времени. Максимальный термометр устроен таким образом, что он сохраняет показание, соответствующее максимальной температуре за время, предшествующее моменту отсчета. Приведение же показаний термометра в соответствие с температурой в данный момент, если она ниже отсчитанной по шкале, производится искусственно, путем встряхивания термометра.

Максимальный термометр (рис. 2.5) — ртутный, имеет вставную шкалу молочного стекла. Деления на шкале нанесены через  $0,5^\circ$ . Общая длина термометра около 350 мм. Диаметр внешней стеклянной оболочки около 28 мм. Резервуар цилиндрический диаметром около 8 мм.

Пределы шкалы: верхний от  $+51$  до  $+71^\circ$ , нижний от  $-21$  до  $-31^\circ$ . В пространстве над ртутью в капилляре создается вакуум. Рабочее положение термометра почти горизонтальное с небольшим наклоном в сторону резервуара.

Сохранение максимальных показаний в термометре достигается специальным приспособлением (рис. 2.5 б). Оно состоит из стеклянного штифта, впаянного внутрь резервуара термометра (к его дну). Верхний конец штифта входит в капилляр, оставляя в нем очень узкое кольцообразное отверстие.

Когда температура начинает повышаться, ртуть, находящаяся в резервуаре термометра, будет расширяться и, несмотря на большое трение в месте сужения, будет протекать между стенками капилляра и стеклянным штифтом 1.

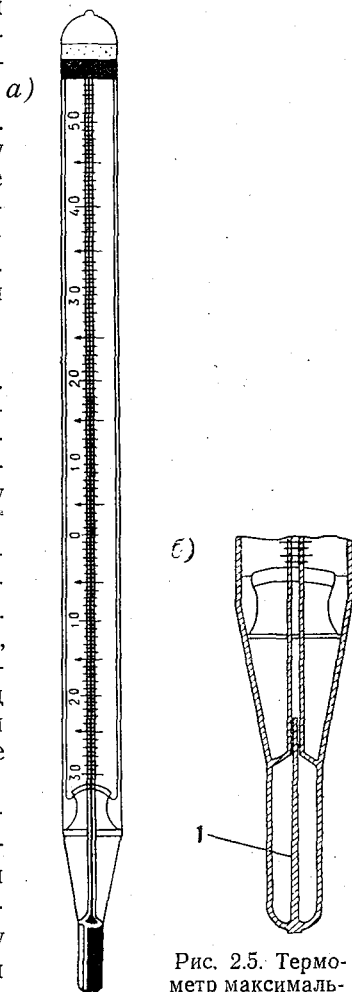


Рис. 2.5. Термометр максимальный.

Таким образом, показания максимального термометра достигнут наивысшей температуры за данный промежуток времени. При понижении температуры и уменьшении вследствие этого объема ртути ртуть не пройдет назад в резервуар, так как из-за горизонтального рабочего положения термометра и вакуума в капилляре над ртутью единственной силой, стремящейся вернуть ртуть в резервуар, является сила сцепления ртути, но она недостаточна для преодоления силы трения, возникающей при прохождении ртутью места сужения. Следовательно, столбик ртути, находящийся в капилляре до начала падения температуры, останется в нем (на той же высоте); максимальное показание термометра сохранится.

Для подготовки максимального термометра к следующему измерению его берут за середину и, держа резервуаром книзу, делают несколько резких взмахов руки, встряхивая термометр, чтобы перегнать часть ртути из капилляра в резервуар. После этого показания максимального термометра не должны отличаться от показаний психрометрического более чем на  $0,1—0,2^{\circ}$ .

Отсчеты по максимальному термометру производятся с точностью до  $0,1^{\circ}$ , хотя шкала разделена на  $0,5^{\circ}$ .

С течением времени максимальный термометр вследствие износа стеклянного штифта или его поломки может потерять свою «максимальность», т. е. столбик ртути, соответствующий наибольшей температуре, которую показывал термометр, не будет задерживаться в капилляре, а будет свободно проходить в резервуар; такой термометр становится непригодным для работы, его следует заменить другим.

Максимальный термометр устанавливается слегка наклонно, так как капилляр максимального термометра сравнительно широк и ртуть в термометре легко может отходить от резервуара. При отсчете рекомендуется слегка приподнимать конец термометра, противоположный резервуару.

**Минимальный термометр (ТМ-2).** Этот термометр спиртовой, служит для определения минимальной температуры за данный промежуток времени. Он имеет вставную шкалу молочного стекла, цена наименьшего деления которой  $0,5^{\circ}$ .

Резервуар термометра (рис. 2.6) цилиндрический.<sup>1</sup> Общая длина термометра около 300 мм, диаметр внешней стеклянной трубки около 18 мм. Цилиндрический резервуар термометра имеет диаметр 7—10 мм.

Пределы шкалы минимального термометра: верхний от  $+21$  до  $+30^{\circ}$  и нижний от  $-41$  до  $-75^{\circ}$ . Капилляр на конце, противоположном резервуару, имеет расширение. Внутри спирта в капилляре находится небольшой штифтик из темного цветного

---

<sup>1</sup> Встречаются минимальные термометры старых выпусков со двоянным резервуаром в виде вилки.

стекла, имеющий на своих концах утолщение в виде булавоочных головок (рис. 2.6б). Штифтик может свободно перемещаться в спирте внутри капилляра. При измерении минимальный термометр устанавливается горизонтально.

Подготавливая минимальный термометр для производства измерения, его поднимают резервуаром кверху и ждут, пока штифтик дойдет до поверхности спирта в капилляре. У поверхности спирта штифтик останавливается, так как он настолько легок, что не может прорвать поверхностную пленку спирта. Доведя штифтик до поверхности спирта, термометр кладут горизонтально. Если после этого температура окружающей среды начнет повышаться, то спирт, расширяясь, будет обтекать штифтик, не сдвигая его с места. Сила трения головок штифтика о стенки капилляра вполне достаточна для удержания его при этом на месте.

При понижении температуры воздуха объем спирта начнет уменьшаться и он переходит из капилляра в резервуар. При этом поверхностная пленка спирта будет перемещать штифтик к резервуару, так как сила трения головок о стенки капилляра значительно меньше силы сопротивления поверхностной пленки на разрыв (штифтик не сможет прорвать пленку и потому будет ею перемещаться к резервуару). В случае дальнейшего повышения температуры штифтик останется на месте и укажет, таким образом, ту наименьшую температуру, которой достигал термометр в окружающей среде.

При измерениях записывают показания термометра по концу штифтика, противоположного от резервуара, (минимум), и по концу спиртового столбика (контрольный отсчет). Затем следует снова довести штифтик до поверхности спирта и установить термометр в горизонтальном положении. Контрольный отсчет необходим, так как спирт может частично испаряться и конденсироваться в верхней части капилляра. Столбик спирта в капилляре станет короче, и показания,

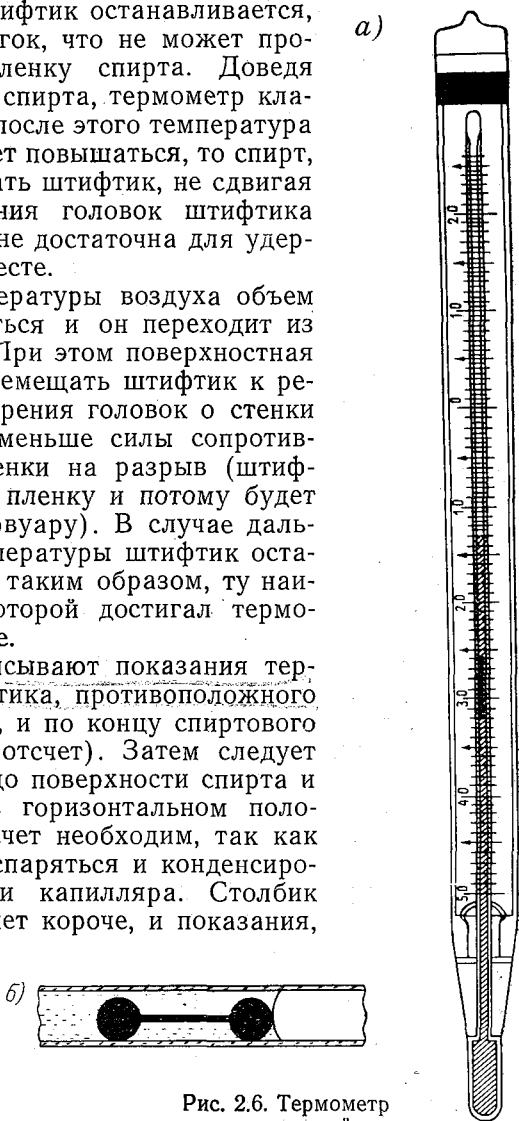


Рис. 2.6. Термометр минимальный.

снятые по положению штифтика, будут заниженными (минимум будет занижен). Сравнения показаний психрометрического и минимального термометров дают возможность определить дополнительную поправку к минимальному термометру.

Для уменьшения дистиляции спирта верхняя часть капилляра над спиртом заполняется воздухом при относительно низкой температуре. При более высокой температуре давление газа в капилляре становится значительным и мешает дистиляции спирта.

**Термометр к аспирационному психрометру.**<sup>1</sup> Этот термометр (рис. 2.7) служит для определения температуры и влажности воздуха и отличается от обыкновенного психрометрического размерами и формой резервуара. Общая длина термометра около 270 мм. Диаметр внешней стеклянной трубки 8 мм. Цилиндрический резервуар имеет длину от 1,2 до 1,9 см, диаметр около 4 мм.

Пределы шкалы: верхний от +41 до +50° и нижний от -31 до -35°.

Коэффициент инерции этого термометра в неподвижном воздухе ( $v < 0,5$  м/сек) около 100 сек.

Этот термометр — ртутный, имеет вставную шкалу молочного стекла с ценой наименьшего деления 0,2°. Пространство капилляра над ртутью заполнено азотом. На верхнем конце защитной трубки при помощи сургуча надет металлический колпачок для крепления термометра в оправе аспирационного психрометра. Для той же цели в нижней части на защитной трубке термометра укреплена металлическая гильза.

**Термометр-пращ (ТМ-8).** Термометр служит для определения температуры воздуха. Он представляет собой толстостенный (палочный) капилляр, один конец которого раздут в резервуар в виде цилиндра, а другой запаян и снабжен стеклянным ушком или шариком для крепления шнура. Термометр ртутный, пространство в капилляре над ртутью заполнено азотом. Длина термометра-праща 170—200 мм. Внешний диаметр около 8 мм. Резервуар цилиндрической формы, цена деления шкалы 0,5 или 1,0°.

Пределы шкалы: верхний от +43 до +50° и нижний от -31 до -36°.

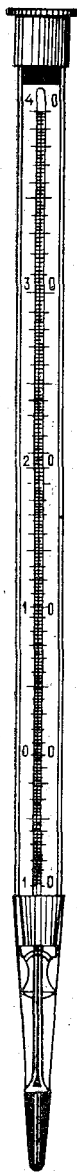


Рис. 2.7. Термометр к аспирационному психрометру.

<sup>1</sup> Аспирационный психрометр (прибор для измерения влажности и температуры воздуха) описан в главе 3.



Термометр иногда снабжается металлическим футляром со шнурком. Шнурок прикрепляется к колпачку, укрепленному сургучом на верхнем конце термометра, и служит для вращения его при измерениях.

**Термометр для определения температуры поверхности почвы.** Этот термометр (рис. 2.8) ртутный со вставной шкалой молочного стекла. Деления на шкале нанесены через  $0,5^\circ$ . Длина термометра от 320 до 360 мм. Внешний диаметр стеклянной оболочки 16—19 мм. Резервуар у термометра цилиндрический. Диаметр резервуара 10 мм, его длина 20—30 мм. Пределы шкалы: верхний от  $+60$  до  $+70^\circ$  и нижний от  $-25$  до  $-35^\circ$ .

**Термометр коленчатый (Савинова) (ТМ-5)** (рис. 2.9) служит для определения температуры почвы на различных глубинах. Термометр ртутный, со вставной шкалой молочного стекла, имеющей деления через  $0,5^\circ$ . Резервуар изготовлен в виде цилиндра диаметром около 8 мм. Внешний диаметр стеклянной защитной оболочки 10 мм. Термометр немного выше резервуара изогнут под углом  $135^\circ$ .

Нижняя часть стеклянной защитной оболочки термометра от резервуара до начала шкалы сначала заполняется теплоизоляционным порошком, а сверху над порошком — ватой, которая в нескольких местах разгораживается вклеенными перемычками. Это делается для лучшей теплоизоляции резервуара от верхней части термометра, которая находится в иных температурных условиях, чем его нижняя часть, расположенная в почве.

Подобные термометры выпускаются комплектом (рис. 2.9 а). В комплект входят термометры для измерения температуры почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см, при этом длина термометров соответственно этим глубинам около 290, 350, 450, 500 мм.

**Термометры почвенные вытяжные (ТПВ-50).** Для наблюдений над температурой почвы на больших глубинах (от 20—320 см) применяются почвенно-

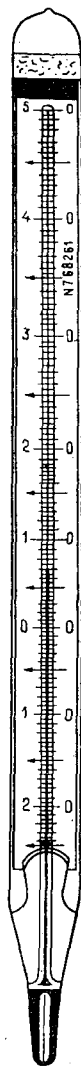


Рис. 2.8. Термометр для определения температуры почвы.

глубинные термометры (ГОСТ 6083—51). Это ртутные термометры со вставной шкалой молочного стекла. Резервуар термометра цилиндрический. Общая длина 360 мм, диаметр стеклянной оболочки 16 мм. Пределы шкалы: верхний от  $+31$  до

+41°, нижний от -11 до -20°. Цена наименьшего деления шкалы 0,2°. Термометр помещается в виннипластовую оправу 2 с медным или латунным дном 1 и прорезами для шкалы. Резервуар термометра, помещенного в оправу 2 (рис. 2.10),

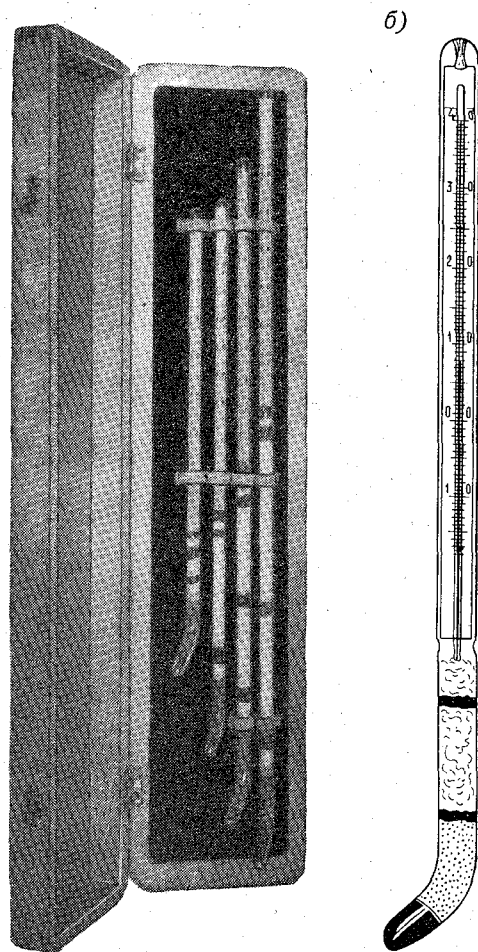


Рис. 2.9. Термометры коленные (Савинова).

*а* — комплект, *б* — термометр Савинова.

окружается медными опилками, насыпанными через отверстие, которое после этого заделывается замазкой. Медные опилки насыпают для увеличения температурной инерции термометра, необходимой для сохранения показаний в течение времени производства отсчетов.

При помощи винтов оправа 2 с термометром привинчивается к деревянной палке 3, на другом конце которой надет колпачок 4 с кольцом. Внутри колпачка помещается фетровая кольцевая прокладка. Длина палки берется различной в зависимости от той глубины, на которую устанавливается термометр.

Деревянная палка 3 с укрепленным на ней термометром в оправе опускается в эбонитовую трубку 5, закрытую с нижнего конца металлическим стаканчиком 6. На верхнюю часть трубы надевается металлический хомут с тремя ушками для зацепления оттяжек, которыми крепится труба при установке. Трубка закапывается в землю на такую глубину, на которой измеряется температура. Палка должна входить в трубку свободно. На палке в нескольких местах укреплены суконные или войлочные кольца, препятствующие обмену воздуха в трубе. Термометр, опущенный на палке в трубку, должен обязательно касаться дном своей оправы металлического стаканчика трубки, так как только в этом случае можно получить правильные показания температуры почвы. Эбонитовая труба покрывается масляной краской; часть трубы, погружаемая в землю, окрашивается обычно в зеленый цвет, а часть, выступающая над почвой, — в белый (для меньшего нагрева).

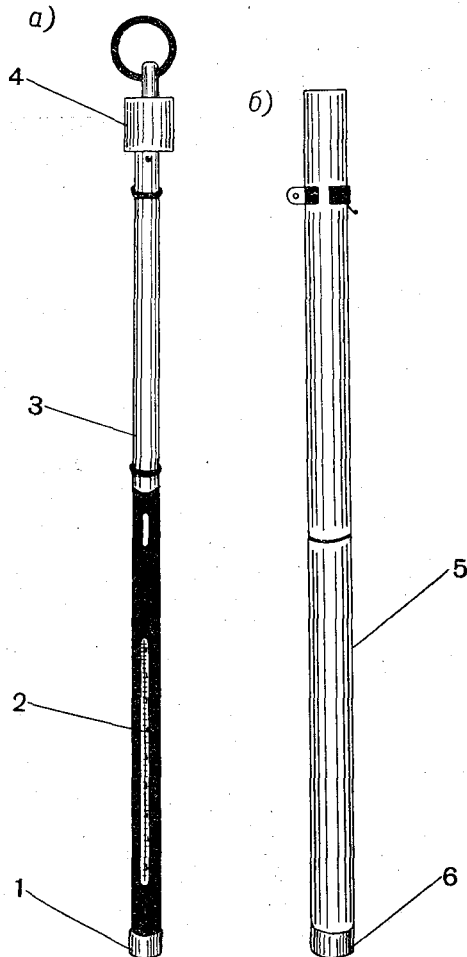


Рис. 2.10. Вытяжной почвенный термометр в оправе (а) и трубка к термометру (б).

Надземная часть трубы имеет длину 40 см, а для районов с высоким снежным покровом — 100 см.

Трубы длиной 3,4 3,6 и 4,2 м и палки для этих труб изготовляются из отдельных секций, соединяемых муфтами. Установки

выпускаются комплектами — для измерения температуры на пяти глубинах (0,2, 0,4, 0,8, 1,6 и 3,2 м) и восемью глубинами (0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,2, 1,6, 2,4 и 3,2 м).

**Термометр-щуп (АМ-6).** Для определения температуры почвы в пахотном слое используется жидкостный толуоловый термометр. Его длина 460—480 мм. Внешняя оболочка состоит из двух частей: нижняя у резервуара меньшего диаметра плавно переходит в более широкую верхнюю. Шкала помещается в верхней более широкой части термометра. Пределы измерения от 0 до 60°, цена деления 1°.

Для того чтобы термометр удобно было погружать резервуаром в почву на нужную глубину, он вставляется в оправу (рис. 2.11). Оправа изготовляется из двух стальных соединенных между собой трубок различного диаметра в соответствии с формой термометра. На нижнем конце более тонкой трубки 3 через втулку 2 из термоизоляционного материала укрепляется металлический наконечник 1. Верхняя, более широкая часть заканчивается съемной крышкой с рукояткой 5. Рукоятка служит для погружения и извлечения термометра с оправой из почвы. Термометр устанавливается в оправу при снятых крышке с рукояткой и наконечнике с термоизоляционной втулкой. Он закрепляется с помощью резиновых прокладок, наматываемой на термометр изоляционной ленты и пружины. При закреплении термометра его резервуар должен выступать из нижнего конца втулки 2 на 15 мм, а шкала должна находиться против продольного окна 4 в широкой части оправы. Внутренняя полость наконечника 1 для лучшего теплового контакта с резервуаром заполняется медными или латунными опилками. Затем наконечник вместе с термоизоляционной трубкой укрепляется на нижнем конце корпуса оправы.

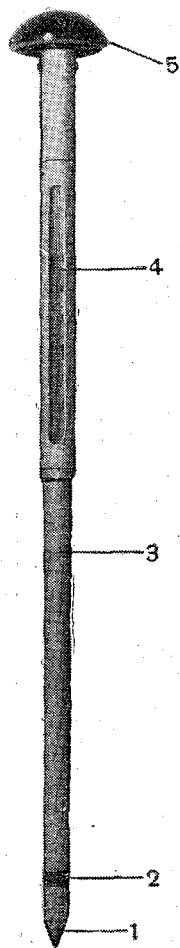


Рис. 2.11. Термометр-щуп АМ-6.

На оправе, на противоположной окну стороне, нанесены сантиметровые деления с оцифровкой через каждые 5 см, так что ноль находится на 15 мм ниже нижнего среза втулки 2, т. е. у резервуара термометра. Шкала служит для отсчетов глубины погружения термометра.

Термометр в оправе имеет достаточно большую инерцию и поэтому измерение температуры (отсчет по термометру) произ-

водят не менее чем через 6 мин после его погружения. Температуру почвы этим термометром можно измерять на глубинах от 3 до 40 см.

### Правила отсчетов и введение поправок к отсчетам по жидкостным термометрам

Отсчеты показаний термометров, применяемых в метеорологии, как бы ни были разделены их шкалы, производятся с точностью до  $0,1^\circ$ . Для обеспечения указанной точности следует соблюдать следующие правила.

Прежде всего нужно определить положение конца столбика жидкости в капилляре относительно шкалы. В ртутных термометрах (мениск выпуклый) по шкале отсчитывается положение воображаемой касательной в выпуклой части мениска. В спиртовых термометрах (мениск вогнутый) отсчитывается положение воображаемой касательной к вогнутой части мениска. Кроме того, при отсчетах следует найти правильное положение глаза относительно шкалы термометра, так чтобы черточки на вставной шкале в том месте, где производится отсчет, имели вид прямых линий (рис. 2.12 б). При низком расположении глаза штрихи будут казаться в средней части изогнутыми кверху (рис. 2.12 а), а при слишком высоком — изогнутыми книзу (рис. 2.12 в).

При неправильном положении глаза особенно большой погрешности могут достигать измерения по палочным термометрам, так как риски шкалы ввиду значительной толщины капилляра далеко отстоят от столбика ртути и поэтому эффект параллакса здесь велик.

Для правильного расположения глаза относительно конца столбика ртути при отсчетах по палочным термометрам можно пользоваться зеркальным изображением рисок шкалы, которые видны в виде черных полосок на блестящей поверхности ртути.

При правильной установке глаза эти изображения совпадают с рисками на шкале и становятся незаметными.

При отсчетах по термометрам следует в первую очередь определить десятые доли градуса и только после этого отсчитывать целые градусы. Такое правило производства отсчетов введено потому, что за время отсчета присутствие наблюдателя может повлиять на термометр (нагреть его) и изменить его показания на десятые доли градуса.

Деления шкалы между каждым десятком градусов (или двадцатью градусами) наносятся равными в предположении, что капилляр по всей своей длине имеет одинаковую площадь сечения канала. Однако сечение канала может в определенных пределах (допусках) меняться. Вследствие этого термометр на промежуточных делениях может давать неверные показания.

Поэтому каждый термометр, который предназначается для точных измерений, поверяется. Поверка термометров производится в термометрической ванне при их полном погружении. В точке  $0^{\circ}$  шкалы они поверяются при погружении в тающий лед и через каждые последующие  $10^{\circ}$  — путем сравнения их показаний с показаниями контрольного (хорошо выверенного) термометра. В результате поверки к каждому термометру получают поправки по всей его шкале относительно практической Международной температурной шкалы.

Каждый поверенный термометр снабжается поверочным свидетельством. На внешней трубке термометра наносится порядковый номер и клеймо поверки. Поправки при поверке определяются с точностью до сотой доли градуса через каждые  $10^{\circ}$ .

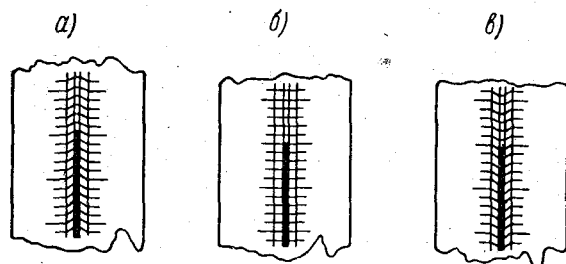


Рис. 2.12. Вид столбика жидкости и шкалы при отсчете по термометру в зависимости от положения глаза.

а — положение ниже нормального, б — нормальное (правильное), в — выше нормального.

Эти поправки для отдельных точек шкалы называют поправками «при» (т. е., например, при  $-10^{\circ}$ , при  $0^{\circ}$  и т. д.). Поправками в таком виде пользоваться неудобно, так как для всех точек, не кратных 10, поправки приходится вычислять путем интерполяции, поэтому в каждом поверочном свидетельстве даются еще так называемые поправки «от—до», т. е. поправки по отдельным участкам шкалы.

Поправки «от—до» получают путем интерполирования поправок «при» в отдельных участках шкалы, для которых принимается постоянство поправки с точностью до  $0,1^{\circ}$ . В табл. 2.1 приводится образец поверочного свидетельства.

Вычисление поправок «от—до» может быть выполнено графическим или расчетным способом, а также по специальным таблицам, помещенным в «Руководстве по поверке метеорологических приборов» (1966 г.). При любом из этих способов вычисления находят на шкале точки, в которых значение поправки меняется на  $0,1^{\circ}$ . Это будут точки, в которых поправки принимают значения нечетных чисел, кратных  $0,05^{\circ}$ , т. е., например,

изменение поправки  $-0,2^\circ$  на  $-0,1^\circ$  произойдет в точке шкалы, где поправка равна  $-0,15^\circ$ , переход поправки от  $-0,1$  к  $0,0^\circ$  — в точке со значением поправки  $-0,05^\circ$ , переход поправки от  $0,0$  к  $+0,1^\circ$  в точке  $+0,05^\circ$  и т. д.

*Пример.* Вычислить поправки «от—до» для термометра № 545576 (631) по поправкам «при» (см. табл. 2.1). Эти вычисления удобно производить

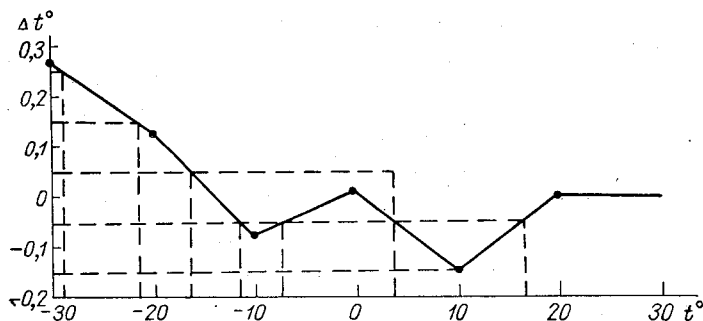


Рис. 2.13. Графический метод вычисления поправок «от — до».

с помощью графика. В прямоугольной системе координат по вертикальной оси откладывают значения величины поправок в сотых долях градуса, а по горизонтальной — значения температуры (рис. 2.13). На этот график наносят значения поправок «при». Полученные точки соединяют прямыми линиями. К вертикальной оси из точек со значениями поправок  $-0,15$ ,  $-0,05$ ,  $+0,05$ ,  $+0,15$ ,  $+0,25^\circ$  восстанавливают перпендикуляры к вертикальной оси (горизонтальные пунктирные прямые) и из точек их пересечения с кривой поправок опускают перпендикуляры (вертикальные пунктирные прямые) на горизонтальную ось. Точки горизонтальной оси, пересекаемые перпендикулярами, являются точками изменения поправок. Таким образом, получаем для интервала от  $-30,0$  до  $-28,6^\circ$  поправку  $+0,3^\circ$ , от  $-28,6$  до  $-21,4^\circ$  поправку  $+0,2^\circ$  и т. д. (см. табл. 2.1).

Значение поправки находят по поверочному свидетельству в пределе, в котором лежит отсчитанная температура, и алгебраически прибавляют к значению, отсчитанному по термометру. Так, например, если отсчет термометра  $-29,5^\circ$ , то он попадает в первый интервал температур и поправка его равна  $+0,3^\circ$ ; если же отсчет термометра  $-8,6^\circ$ , то он попадает в интервал от  $-10,9$  до  $-7,5^\circ$ , следовательно, его поправка равна  $-0,1^\circ$ .

### Повторные поверки точки нуля

Все метеорологические термометры поверяются органами госповерки. Однако с течением времени положение точки нуля может измениться, что вызовет изменение всех поправок термометра на некоторую величину. Выявить изменение поправки можно непосредственно на станции при ее инспектировании, для чего производят повторные поверки точки нуля.

Главное управление Гидрометеорологической службы  
при Совете Министров СССР

**Центральное бюро поверки  
гидрометприборов**

при Главной ордена Трудового Красного Знамени  
геофизической обсерватории  
им. А. И. Воейкова

*Психрометрический* термометр № 545576

Завода \_\_\_\_\_ № 631 \_\_\_\_\_

Поправки для приведения показаний термометра к между-  
народной температурной шкале.

при	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0	+10°
попр.				+0.27	+0.13	-0.07	+0.01	-0.15
при	+20°	+30°	+40°	+50°	+60°	+70°		
попр.	-0.00	+0.04	-0.00					

Для удобства пользования поправками ниже дается таблица  
в десятых долях градуса.

от	до	попр.
-30.0	-28.6	+0.3
-28.5	-21.4	+0.2
-21.3	-16.0	+0.1
-15.9	-11.0	0.0
-10.9	-7.5	-0.1

от	до	попр.
-7.4	+3.7	0.0
+3.8	+16.7	-0.1
+16.8	+40.0	0.0

Время поверки „ — “ ————— 19 — 2.

**Начальник ЦБП (ГМП)**  
**Ответственный поверитель**



Поверка точки нуля производится следующим образом. Лед, хорошо обмытый пресной водой, скоблится острым ножом и насыпается в сосуд, в котором имеется сток для воды (например, дождемерное ведро). Сосуд наполняется выше края на 5—10 см. Затем лед поливают чистой водой и устанавливают в нем термометры, погружая их в лед несколько глубже (на 5—6 см) точки нуля. При установке термометров в скобленный лед нужно быть уверенным, что лед будет достаточно плотно прилегать к резервуарам термометров и что около них нет воздушных пространств, не заполненных льдом. Спустя полчаса после установки приступают к производству отсчетов. Осторожно очищают лед, закрывающий шкалу термометра у точки нуля, и при помощи лупы производят отсчет. Число отсчетов должно быть не менее трех, из них выводится средняя поправка при 0°.

Пусть при повторной поверке психрометрического термометра № 545576 (631) (см. табл. 2.1) установлено, что при 0° он показывает +0,02°. Таким образом, его поправка при 0° равна -0,02°. Это значит, что поправка для этой точки изменилась со времени первой поверки на -0,03° ( $-0,02 + (-0,01) = -0,03$ ). Смещения точки нуля в равной мере сказались на всех других точках на шкале. Следовательно, поправки приняли такие значения:

При	Поправка		При	Поправка
-30°	+0,24°		+10°	-0,18°
-20	+0,10		+20	-0,03
-10	-0,10		+30	+0,01
0	-0,02		+40	+0,03

Согласно этим новым поправкам «при», можно вычислить новые поправки «от—до».

### Некоторые неисправности жидкостных термометров и возможности их устранения

Ртутные термометры являются надежными и простыми в эксплуатации приборами. Однако нередки случаи появления у них некоторых неисправностей. Иногда возникают неисправности в виде разрыва столбика ртути у ртутных термометров и столбика спирта у спиртовых.

Разрыв столбика ртути в термометре может произойти по различным причинам. Одной из них является образование окислов и загрязнений внутри ртути. Этот тип разрыва является дефектом изготовления и устранить его трудно. В термометрах, не заполненных сверх ртути газом и имеющих расширение в верхней части капилляра, иногда удается устранить разрыв, находящийся не более чем на 2—3° ниже конца столбика ртути,

путем нагрева термометра до выхода разрыва в расширенную часть капилляра. После этого охлаждают термометр, чтобы ртуть ушла из расширенной части капилляра. Повторяя это несколько раз, иногда удается добиться всплытия загрязнений и устранения разрыва. Выполнение этой манипуляции требует большой осторожности, так как даже небольшой перегрев термометра приводит к разрыву его резервуара. Устранить такой дефект у термометров, капилляр которых не имеет расширения в верхней части, невозможно.

Другой наиболее вероятной причиной разрыва столбика ртути является попадание пузырьков газа в ртуть. Этот дефект чаще всего появляется у термометров, находящихся в районах с низкими температурами. При температуре воздуха ниже  $-39^{\circ}$  ртуть отвердевает. Температурный коэффициент объемного расширения у ртути больше, чем у стекла, поэтому при дальнейшем охлаждении термометра между столбиком ртути и стенками резервуара и капилляра образуется свободное пространство (рис. 2.14 а, б), которое заполняется газом, проникающим из верхней части капилляра. У термометров, не рассчитанных на измерение низких температур (с высоким нижним пределом шкалы), вся ртуть может уйти из капилляра в резервуар при температуре около  $-20$ ,  $-30^{\circ}$ . У таких термометров газ может проникнуть в резервуар при температуре значительно выше точки плавления ртути (рис. 2.14 в). При повышении температуры ртуть плавится и расширяется, но не всегда вытесняет газ из резервуара в капилляр над ртутью. Если термометр в это время хранился в горизонтальном положении (рис. 2.15 а, б, в), то при плавлении и расширении ртути газ не может попасть из резервуара в более низко расположенный капилляр и останется внутри резервуара в виде пузырька, следовательно, охлаждение горизонтально расположенного ртутного термометра (с газом в капилляре) до температуры ниже той, для измерения которой он рассчитан, неминуемо приводит к порче термометра.

При вертикальном положении ртутного термометра с правильной формой припайки капилляра к резервуару, когда переход из резервуара выполнен в виде острой конической воронки (рис. 2.14 г и 2.15 г), ртуть при плавлении чаще всего может полностью вытеснить газ из резервуара. Но встречаются термометры, у которых эта воронка имеет слишком большой угол раствора книзу (более  $90^{\circ}$ ), а иногда переход имеет даже уступы. У таких термометров при плавлении и расширении ртути не весь газ, попавший в резервуар, вытесняется (рис. 2.14 д), а частично остается в резервуаре в образовавшихся карманах (рис. 2.15 д). Газ из резервуара может в дальнейшем перейти в капилляр, при этом образуются разрывы ртути, что обычно хорошо заметно, но он может остаться и в виде мелкого малозаметного пузырька

в резервуаре. Однако в обоих случаях термометр становится неисправным и дает завышенные показания.

Если термометры подвергать воздействию слишком низкой температуры (ниже предусмотренной), подобного рода повреждений термометров можно избежать.

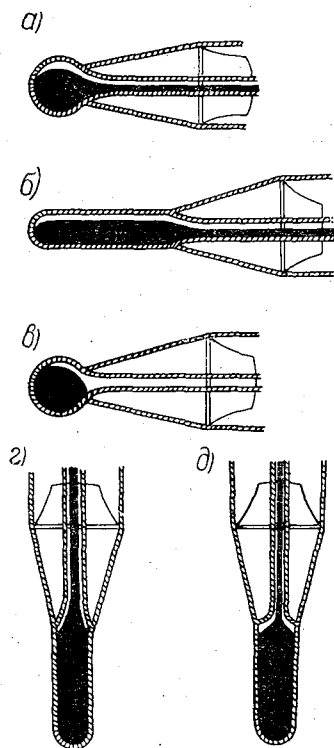


Рис. 2.14. Проникновение газа из капилляра в резервуар при замерзании ртути.

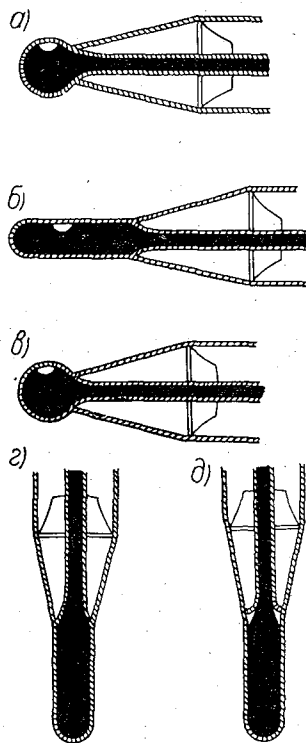


Рис. 2.15. Образование пузырьков газа в ртути.

Устранить разрыв ртути можно также путем охлаждения термометра твердой углекислотой до перехода всей ртути из капилляра в резервуар, при этом перемещению ртути из капилляра в резервуар способствуют легкими ударами резервуара вертикально расположенного термометра о резиновую подкладку или непосредственно по твердой углекислоте. После того как вся ртуть окажется в резервуаре и пузырьки газа соединятся с основным объемом над ртутью, термометр нагревают, держа его в вертикальном положении (резервуаром книзу). Ртуть расширяясь вытеснит весь газ в капилляр в пространство над

столбиком ртути. Эти операции в случае необходимости повторяют несколько раз и в результате разрыв ртути удается ликвидировать.

Необходимо иметь в виду, что разрыв ртути у термометров с вакуумом над ртутью (например, у максимальных старого образца) может произойти в случае загрязнения или появления воздушных пузырьков, так как в пространстве над ртутью всегда имеются небольшие остатки воздуха. Если часть этого воздуха попадет в ртуть, то под воздействием столбика ртути он многократно уменьшится в объеме и будет малозаметным, но в то же время окажется под значительно большим давлением, чем первоначально. Давление этого малозаметного пузырька воздуха оказывается достаточным для разрыва столбика ртути. Устранение этого дефекта производится так же, как и у термометров, заполненных газом над ртутью в капилляре.

Иногда у ртутных термометров темнеет капилляр. Это является результатом плохой очистки ртути или плохой промывки капилляра. Такой термометр для работы непригоден.

Разрывы столбика спирта в спиртовых термометрах могут появиться из-за выделения растворенного в спирте воздуха. Предупредить это явление трудно, но если хранить термометры в вертикальном положении, то пузырьки воздуха внутри спирта образуются реже. Образование пузырьков чаще наблюдается у минимальных термометров, рабочее положение которых горизонтальное.

Термометр с пузырьками воздуха в спирте является неисправным и пользоваться им нельзя. Такие термометры рекомендуется исправлять следующим образом. Взяв термометр за середину резервуаром вниз, сильными взмахами встряхивают его, чтобы воздух, разрывающий столбик спирта, переместился в пространство над столбиком спирта. С этой же целью можно ударять резервуар термометра о резиновую подкладку. Иногда спирт может появиться в виде капелек в верхней части капилляра; в этих случаях необходимо капельки, осевшие в расширении, соединить с общей массой спирта в капилляре. Для этого термометр берут за середину резервуаром вверх и делают несколько резких взмахов, отчего спирт в капилляре разорвется и некоторое количество его попадет в верхнюю расширенную часть капилляра. Обмыв таким способом спиртом стенки расширенной части капилляра, собирают все имеющиеся здесь капли. Затем, повернув термометр резервуаром вниз, его встряхивают таким образом, чтобы спирт ушел обратно в резервуар. Это делают до тех пор, пока все капельки спирта исчезнут. После этого термометр удерживают вертикально и выдерживают его в этом положении 3—4 час, чтобы весь спирт стек со стенок капилляра.

Если таким путем исправить термометр не удастся, то его помещают в специально сшитый матерчатый чехол резервуаром

к глухому концу чехла. Открытый конец чехла затягивают шнуром, за свободный конец которого (длиной около 1 м) быстро вращают чехол с термометром. Под воздействием центробежной силы спирт вдоль стенок капилляра обтекает пузырек воздуха и постепенно вытесняет его в верхнюю часть капилляра.

Разрывы, образовавшиеся в верхней части столбика спирта (на 10—12° ниже конца столбика спирта), часто удается устранить путем нагрева термометра до перехода пузырька воздуха в верхнюю часть капилляра, где пузырек всплывает (при этом нужна осторожность, так как при нагревании термометра спирт не должен заполнять более  $\frac{3}{4}$  объема расширенной части капилляра). Устранение разрывов спирта не всегда является радикальным. Иногда в термометрах через некоторое время после их исправления пузырьки воздуха появляются вновь.

### Деформационные термометры

В метеорологии применяется главным образом один вид деформационных термометров — биметаллические термометры. Чувствительным элементом биметаллических термометров служит двойная (биметаллическая) пластинка. При изменении температуры такая биметаллическая пластинка изгибается вследствие различного расширения двух составляющих ее полосок. Например, если взять биметаллическую пластинку, состоящую из инвара и стали (рис. 2.16 а), причем инвар, имеющий меньший коэффициент расширения, будет расположен наверху, то при увеличении температуры пластинка изогнется таким образом, что инвар окажется с вогнутой стороны пластинки (рис. 2.16 б); при понижении температуры пластинка изогнется в противоположную сторону (рис. 2.16 в).

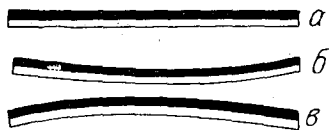


Рис. 2.16. Деформация биметаллической пластинки.

Если один конец биметаллической пластинки закрепить неподвижно, то при изменении температуры ее свободный конец будет перемещаться.

Величина перемещения свободного конца такой пластинки при изменении ее температуры на  $\Delta t$  выражается формулой

$$\lambda = \frac{3(\alpha_1 - \alpha_2) L_0^2}{4h} t, \quad (2.10)$$

где  $\lambda$  — величина перемещения свободного конца пластинки;  $(\alpha_1 - \alpha_2)$  — разность коэффициентов линейного расширения двух металлов, из которых состоит пластинка;  $L_0$  — длина биметаллической пластинки;  $h$  — ее толщина.

Заменяя  $\frac{3(\alpha_1 - \alpha_2)L_0^2}{4h}$  постоянным числом  $A$ , имеем

$$\lambda = At, \quad (2.10a)$$

т. е. величина перемещения свободного конца биметаллической пластинки пропорциональна изменению температуры. Благодаря этому биметаллические термометры имеют почти равномерную шкалу. Биметаллические чувствительные элементы используются в термографах, метеорографах и радиозондах и некоторых других приборах.

**Термографы.** Измерение температуры в отдельные моменты времени не всегда является достаточным. Во многих случаях важно знать также непрерывный ход изменения температуры. Для регистрации вариаций температуры во времени в метеорологии применяются самописцы, называемые термографами.

Термограф изображен на рис. 2.17. Он выпускается в пластмассовом корпусе,<sup>1</sup> состоящем из основания 1 и соединенной с ним петель крышки 2. На основании корпуса 1 с помощью винтов крепится плата 7 (рис. 2.18а), на которой смонтирован весь механизм термографа. Биметаллическая пластинка 14 (рис. 2.18 а, б), являющаяся чувствительным элементом термографа, смонтирована на кронштейне 12. Кронштейн 12 крепится ко второму кронштейну 10, на котором собран рычажный механизм, связывающий биметаллическую пластинку 14 со стрелкой 17, несущей на своем конце перо. Кронштейн 10 с механизмом крепится к плате 7, которая в свою очередь крепится к основанию корпуса 1 (рис. 2.17).

Рычажный механизм состоит из рычага 11, соединенного со свободным концом биметаллической пластинки 14, тяги 6, рычага 8, закрепленного на оси 9, связанной со стрелкой 17. При изменении температуры биметаллическая пластинка 14 деформируется и перемещает стрелку 17 с пером вдоль барабана с лентой (перемещение передается через рычаг 11, тягу 6, рычаг 8 и ось 9).

Барабан вращается часовым механизмом вокруг вертикальной оси, закрепленной в плате 7. При снятии барабана с оси для заводки часов и смены ленты крышка 2 (рис. 2.17) открывается при подъеме ее за рукоятку 3 и одновременном нажатии на кнопку замка. Стрелка 17 (рис. 2.18а) с пером отводится поворотом рукоятки 16 по часовой стрелке до упора; прижим стрелки с пером к барабану осуществляется поворотом рукоятки 16 в обратном направлении до исходного положения. Прибор имеет приспособление, позволяющее сделать пером отметки на ленте, не открывая крышки (нажатием кнопки 15, располо-

<sup>1</sup> До 1956 г. выпускались термографы в металлическом корпусе, но в принципе они мало отличаются от описываемого.

женной на задней стенке прибора). Начальное положение пера устанавливается с помощью винта 13.

Для предохранения биметаллической пластины 14, выступающей вместе с кронштейном 12 и винтом 13 из задней стенки корпуса, от механических повреждений служит защита 4 (рис. 2.17).

Металлическое перо, применяемое в самописцах, представляет собой небольшую полую пирамидку, вершиной обращенную к бумаге (рис. 2.19). Перо 1 заполняется специальными анилиновыми чернилами, изготовленными с примесью глицерина, который не позволяет чернилам быстро высыхать и замерзать при низких температурах. Чернила для самописцев не должны быть густыми, гигроскопичными, растекаться на ленте.

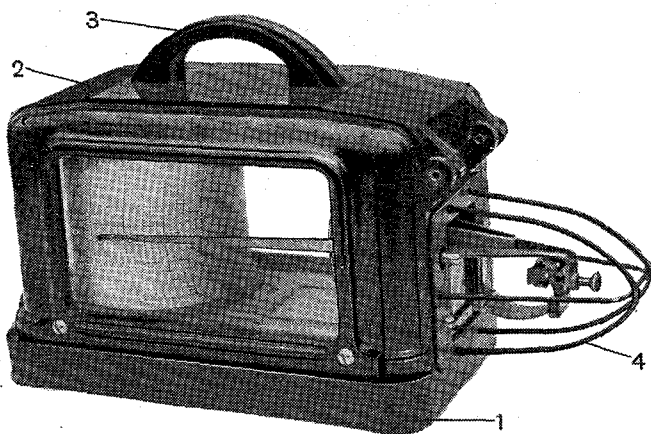


Рис. 2.17. Термограф.

Стрелка, на которую надевается перо, представляет собой тонкую узкую пластинку из упругого материала. С помощью шарнира стрелка крепится и прижимается к ленте. Стрелка 2 (рис. 2.19) крепится к оси 4, легко поворачивающейся в рамке 3. Ось вставлена в рамку с некоторым отклонением от вертикали таким образом, чтобы конец стрелки 2 с пером при отводке от барабана и повороте вокруг оси 4 несколько поднялся вверх. Вращение оси 4 в рамке 3 происходит с очень малым трением, поэтому под воздействием силы тяжести (своего веса) стрелка 2 будет, стремясь занять наиболее низкое положение, поворачиваться вокруг оси 4 в сторону барабана и прижимать к нему перо. Степень прижима пера определяется углом наклона оси 4. Увеличение или уменьшение наклона оси производится поворотом в соответствующую сторону рамки 3. Правильно отрегулированная стрелка начнет отходить от барабана при наклоне самописца на  $30-40^\circ$ .

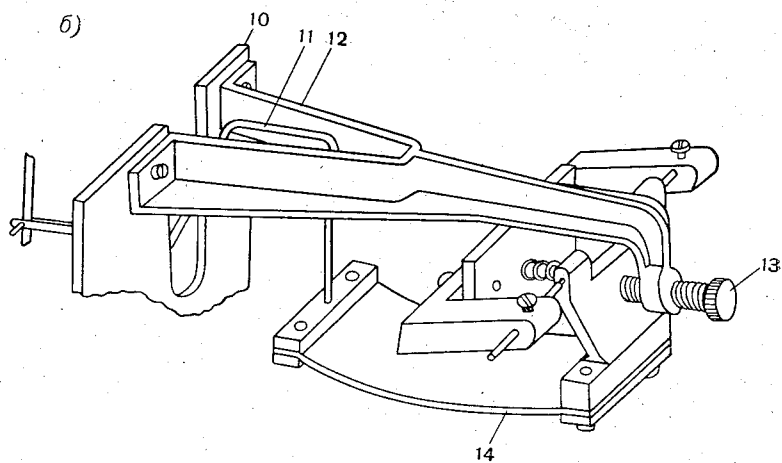
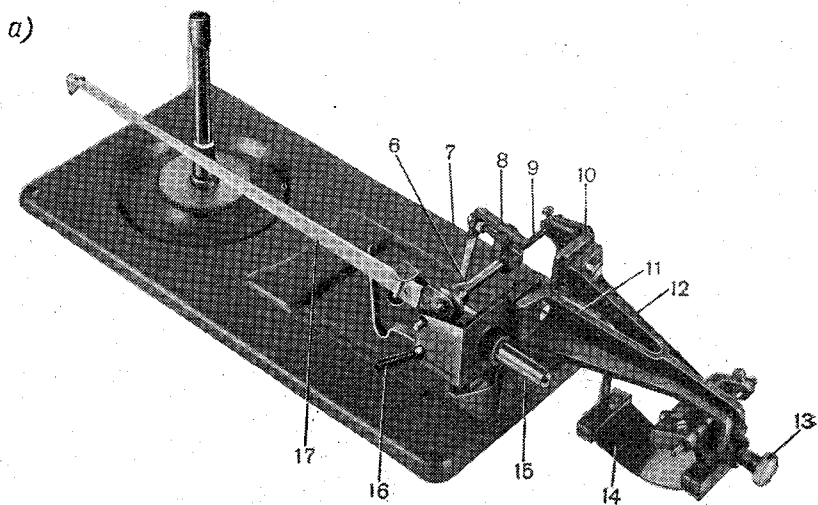


Рис. 2.18. Механизм термографа.



Барабан с часовым механизмом служит для равномерного перемещения ленты, на которой производится запись хода температуры. Барабан (рис. 2.20) изготовлен из пластмассы. Лента накладывается на барабан 1 и концы ее зажимаются плоской пружиной 2. Нижний конец пружины вставлен в отверстие ободка барабана, а верхний загнут в виде крючка и зацепляется за верхнюю кромку барабана, имеющего в этом месте небольшой вырез.

Внутри барабана 6 на его съемном основании 7 (рис. 2.21 а) крепится часовой механизм с пружинным заводом и спусковым регулятором. Пружина, приводящая в движение часовой механизм, помещена в барабане 11 и заводится с помощью ключа 1.

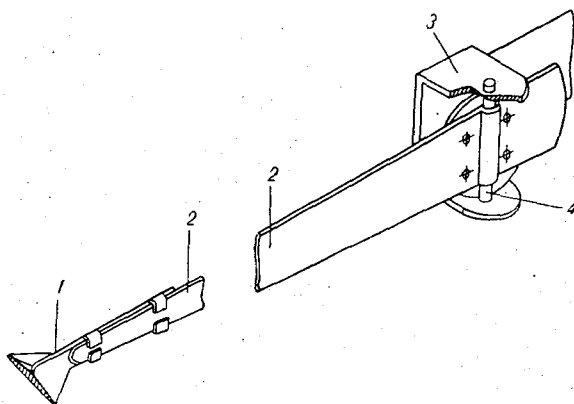


Рис. 2.19. Перо метеорологического самописца.

Для ключа имеется отверстие в диафрагме барабана. Второе отверстие в диафрагме, закрытое пробкой 3, расположено против регулятора 4 хода 5 часового механизма. Снимая пробку, через это отверстие можно регулировать ход часового механизма. Заводная пружина одним концом закреплена за ось заводного барабана, на которую надет ключ, другим зацепляется за выступ на внутренней стенке заводного барабана 3. Заведенная пружина, стремясь расправиться, вращает барабан. Скорость вращения барабана задается спусковым регулятором 4, который связан с барабаном системой зубчатых колес.

При работе часов барабан с часовым механизмом вращается вокруг оси 2, прикрепленной к плате самописца. Это вращение вызывается тем, что трибка 9, сидящая на оси 10, обкатывается вокруг неподвижного колеса 8, прикрепленного вместе с осью 2 к плате. При полном заводе пружины часы идут 180 час. Трибка 9 связана с осью 10 фрикционно, что позволяет поворачивать весь барабан с часовым механизмом вручную.

Часовые механизмы выпускаются двух видов: суточные (продолжительность одного оборота барабана 26 час) и недельные (продолжительность одного оборота 176 час).

Часовые механизмы различаются числом зубцов трибки 9 и шестерни 8. У механизмов с суточным ходом трибка 9 имеет 22 зубца и колесо 8 — 86 зубцов, у механизмов с недельным ходом — соответственно 16 и 87 зубцов. Кроме того, у механизмов с недельным ходом трибка 9 насажена не на ось 10 (которая у этих механизмов короче), а на другую дополнительную ось

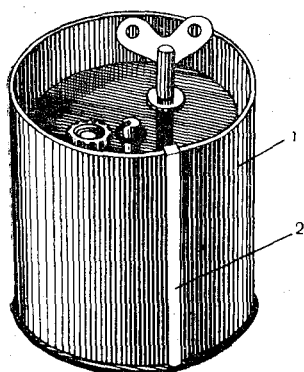


Рис. 2.20. Барабан с часовым механизмом.

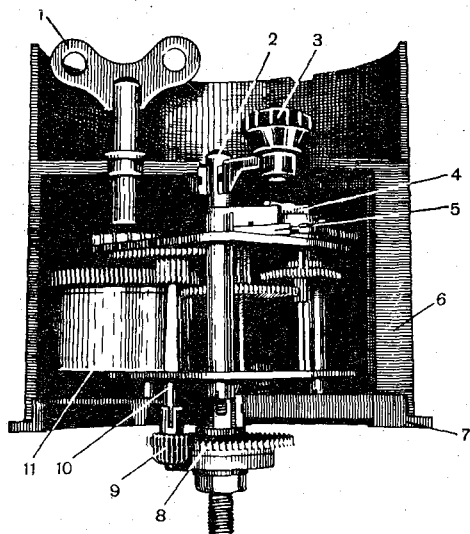


Рис. 2.21. Разрез барабана с часовым механизмом.

с большой шестерней, сцепляющейся с шестерней заводного барабана 11. В платах часового механизма и в барабане имеются отверстия для установки этой оси.

По техническим условиям часы должны работать при изменении температуры окружающего воздуха в пределах от  $-35$  до  $+45^{\circ}$ , при этом иметь точность хода для суточных  $\pm 5$  мин за 24 час и для недельных  $\pm 30$  мин за 168 час (7 суток).

Лента термографа разграфлена прямыми горизонтальными линиями и вертикально расположенными дугами.

Прямые линии служат для отсчета температуры по записи термографа, каждое их деление соответствует изменению температуры на  $1^{\circ}$ . Шкала всей ленты термографа рассчитана на амплитуду изменения температуры до  $80^{\circ}$ . Десятки градусов на ленте имеют цифровые обозначения. Вертикальные дуги служат

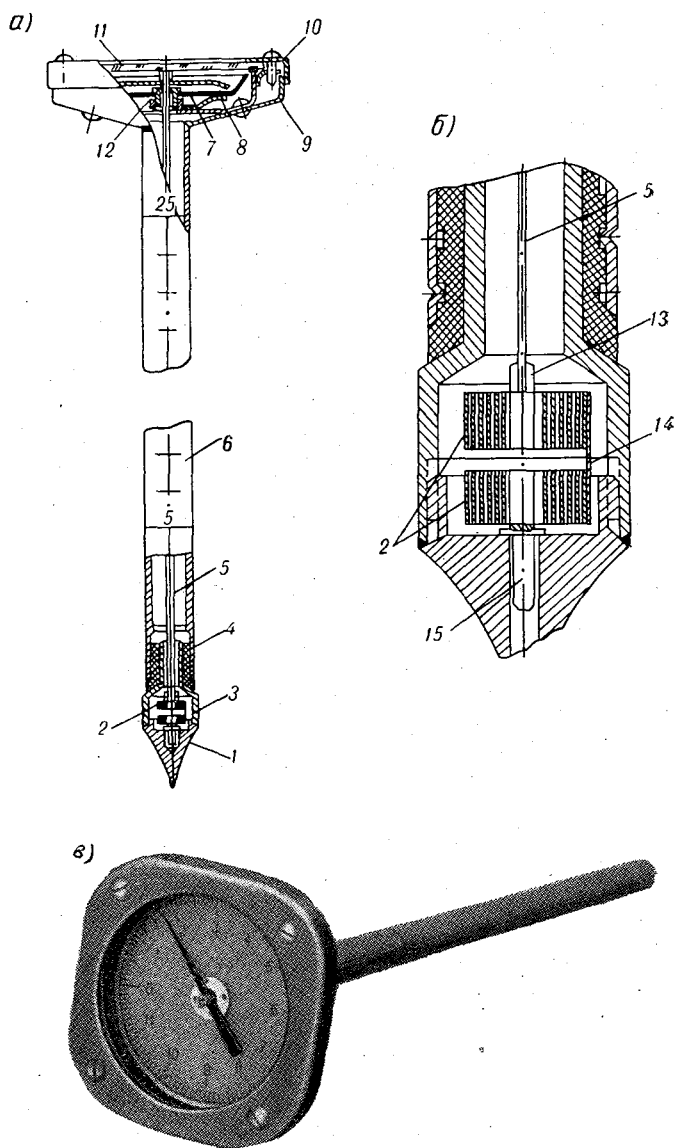


Рис. 2.22. Термометр-щуп биметаллический.

для отсчета времени. На лентах для суточного термографа расстояние между двумя соседними дугами соответствует 15 мин, а на лентах для недельного термографа — 2 час.

**Термометр биметаллический для измерения температуры пахотного слоя почвы** (термометр-щуп биметаллический АМ-15). Этот термометр разработан в НИИ ГМП. Чувствительным элементом термометра являются две последовательно соединенные между собой спирали, изготовленные из биметаллической ленты толщиной 0,1 мм. Термометр собран в корпусе, представляющем собой стальную трубку 6 (рис. 2.22) с приваренным к ее верхней части небольшим кожухом 9, со съемной крышкой 10. Сверху крышка имеет окно из оргстекла 11. Внутри кожуха имеются простенки с ушками для крепления крышки; к нижней части простенков крепится втулка 12, которая своим верхним фланцем удерживает посаженную на ней шкалу 7. Шкала при необходимости во время градуировки термометра может быть установлена в нужном положении. Произвольный разворот шкалы исключает пружина 8. К нижнему концу трубки 6 через две переходные втулки — термоизоляционную пластмассовую 4 и металлическую 3 — прикреплен наконечник 1. Биметаллические спирали 2 наружными концами соединяются с планкой 14, к их внутренним концам прикрепляются колонки 15 и 13. Колонка 15 нижней спирали 2 крепится в отверстие наконечника 1, колонка 13 верхней спирали 2 скрепляется с нижним концом оси 5; верхний конец оси 5 проходит через втулку 12 (являющуюся подшипником для оси) и оканчивается насаженной на оси стрелкой.

Корпус термометра герметичен, так как соединение корпуса со втулками 3 и 4 и наконечником 1 осуществляется на эпоксидном клее, а между корпусом и крышкой имеется уплотняющая резиновая прокладка.

Снаружи на корпусе (трубка 6) нанесена шкала с сантиметровыми делениями с оцифровкой через 5 см. Начало (нуль) шкалы приходится на середину втулки 3, внутри которой расположены биметаллические спирали. Втулка является теплообменной камерой между окружающей средой и чувствительным элементом (биметаллическими спиралями).

При повышении температуры происходит раскручивание спиралей 2 и ось 5 поворачивает стрелку по шкале по часовой стрелке. При понижении температуры спирали скручиваются и поворачивают стрелку против часовой стрелки. Угловая деформация спиралей пропорциональна их температуре, поэтому шкала термометра равномерна.

При погружении термометра в почву его берут за верхнюю часть корпуса — кожух 9; глубина погружения определяется по шкале на корпусе.

Шкала термометра оцифрована через один градус от 0 до 30°. По предварительным данным, погрешность измерения не превышает 1,5° при выдержке термометра до момента отсчета не менее 7 мин.

### Термометры сопротивления

Термометры сопротивления изготавливаются из металлов и полупроводников и при измерениях температуры применяются в комплекте с измерительной установкой. Принцип действия термометра сопротивления основан на свойстве материалов менять сопротивление (проводимость) с изменением температуры. Такими свойствами в той или иной степени обладают все металлы и полупроводники. Для металлов с достаточной точностью температурная зависимость сопротивления выражается формулой

$$R_t = R_0(1 + \alpha t), \quad \text{резисторы}$$

где  $R_t$  — сопротивление при температуре  $t$ ,  $R_0$  — сопротивление при температуре 0°, а  $\alpha$  — температурный коэффициент сопротивления данного металла.

В табл. 2.2 приводятся значения  $\alpha$  для некоторых металлов и сплавов.

Таблица 2.2

Наименование металла, сплава	$\alpha \cdot 10^4$
Медь . . . . .	42,8
Никель . . . . .	27—62
Платина . . . . .	35—38
Константан . . . . .	от -0,4 до +0,1
Манганин . . . . .	0,02—0,5

Полупроводниковые сопротивления — термисторы, используемые в качестве чувствительных элементов термометров сопротивления, изготавливаются из полупроводниковых материалов, сопротивление которых имеет большой температурный коэффициент. К этим материалам относятся, например, окислы урана, марганца, меди, железа, магния, а также их смеси. У термисторов сопротивление убывает с ростом температуры. Температурная зависимость их сопротивления выражается формулой

$$R = Ae^{\frac{b}{T}}, \quad (2.12)$$

где  $T$  — абсолютная температура;  $A$  и  $b$  — постоянные, характеризующие полупроводник, из которого изготовлено термосопротивление;  $e$  — основание натуральных логарифмов.

Температурный коэффициент термисторов не является постоянной величиной, он зависит от температуры и имеет вид

$$\alpha = -\frac{b}{T^2}. \quad (2.13)$$

Величина температурного коэффициента  $\alpha$  для различных термисторов колеблется от  $10^{-2}$  до  $7 \cdot 10^{-2}$  на один градус, т. е. в среднем в 10 раз больше, чем у металлов.

Это свойство делает полупроводниковые термометры сопротивления более чувствительными, чем металлические, и поэтому применение их в ряде случаев оказывается целесообразным. Однако массовое их использование встречает ряд затруднений. Во-первых, из-за нелинейного характера зависимости термосопротивления от температуры полупроводниковый термометр сопротивления имеет переменную чувствительность по шкале. Для получения равномерной шкалы приходится применять специальные схемы. Во-вторых, температурный коэффициент термосопротивлений одной и той же марки, даже одной и той же партии имеет значительный разброс. Подбор термосопротивлений с одинаковыми характеристиками представляет собой значительную трудность. Поэтому для точных измерений каждый экземпляр термосопротивления требует индивидуальной подгонки измерительной схемы. Термисторы достаточно широко применяются в качестве чувствительного элемента датчика температуры в радиозонде.

В зависимости от эксплуатационно-технических требований, предъявляемых к термометру, следует в каждом отдельном случае решать, какой из термометров выбрать для измерения.

Термометры сопротивления (металлические) изготовляют из проволоки чистых металлов толщиной от 0,02 до 0,1 мм с большим значением  $\alpha$  (см. табл. 2.2). Нужно иметь в виду, что небольшие примеси к чистому металлу приводят к значительному уменьшению  $\alpha$ .

Наиболее распространенными материалами для термометров сопротивления, применяемых в метеорологии, являются медь, платина и реже никель. Сопротивление термометра чаще всего выбирают в пределах 40—500 ом.

Проволока может наматываться на каркас, и в зависимости от назначения она оставляется открытой, заключается в защитный кожух или герметизируется.

На рис. 2.23 представлен датчик малоинерционного термометра. Для уменьшения инерции масса термометра сведена до минимума, а поверхность, через которую осуществляется теплообмен между термометром и воздухом, сделана возможно большей. Термометр сопротивления изготовлен в виде металлической нити (тонкой проволоки) 1, подвешенной на пластмассовых

стержнях 2. Нить 1 касается стержней 2 лишь в нескольких точках, вся остальная поверхность нити 1 соприкасается с воздухом, температура которого измеряется. Термометр смонтирован на пластмассовой плите 3. Включение термометров в измерительную схему осуществляется с помощью выводов 4. Колпачок 5 предохраняет нить термометра от повреждений при переноске; во время измерений его снимают. Другая конструкция термометра показана на рис. 2.24 а. Здесь термометр (разрез на рис. 2.24 б) представляет собой проволоку 1, намотанную на цилиндре 2. Сверху проволока покрывается изоляционной пленкой 3, а весь термометр заключается в защитный металлический кожух 4. Цилиндр 2 с помощью металлического стержня 5 крепится к аспиратору 6. Такой термометр относительно прост в изготовлении и достаточно надежен. Однако он не может быть использован для точных измерений температуры. Причина этого состоит в том, что практически невозможно подобрать материал для цилиндра 2 так, чтобы его коэффициент температурного расширения был равен коэффициенту температурного расширения проволоки, из которой изготовлен термометр. Намотка проволоки производится при определенной температуре (обычно комнатной). Если температурный коэффициент расширения материала цилиндра больше, чем материала проволоки, то проволока будет деформироваться (растягиваться) при повышении температуры, если меньше, то это растяжение будет при понижении температуры. Деформация (растяжение) проволоки приведет к увеличению ее сопротивления, которое будет восприниматься при измерении как повышение температуры. Наиболее опасны явления остаточной деформации, которые приводят к неустойчивости показаний термометра, смещению точки нуля.

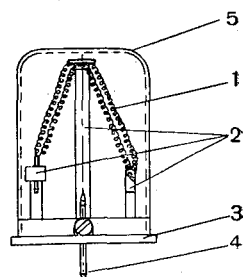


Рис. 2.23.

Для точных метеорологических измерений рекомендуется применять термометры, в которых возможность деформации проволоки полностью исключена. Этому условию удовлетворяют, например, конструкции, показанные на рис. 2.23 и 2.24 в. В первом случае всякие деформации на каркасе компенсируются спиралью, играющей в данном случае роль пружины (усилия для растяжения ее гораздо меньше, чем это необходимо для деформации провода). Во втором случае (рис. 2.24 в) проволока термометра покрыта слоем изоляции, свободно сложена в мотке 1 и помещена в металлическую, покрытую изнутри изоляционным слоем, или пластмассовую гильзу 3. Гильза герметически закрывается пробкой 4, в которую запрессованы выводы 5 для провода 1 и штырь 2 для крепления провода. Такой термометр

иногда называют бескаркасным, так как проволока термометра намотана без каркаса.

Аспиратор (рис. 2.24а) создает поток воздуха со скоростью, обеспечивающей достаточно интенсивный теплообмен между воздухом и термометром. Аспиратор состоит из головки, внутри которой заключена воздуходувка и пружинный механизм или электромотор. Головка соединяется каналом с трубками 7, через которые всасывается окружающий воздух и которые защищают термометр от действия солнечных лучей. Термометр включается в измерительную схему через выводы 8, впрессованные в пластмассовую пробку 9.

На рис. 2.25 представлены промышленные типы термисторов (термосопротивлений), которые могут быть использованы в метеорологии при измерении температуры в качестве термометров сопротивления. Тело термистора 1 в этих сопротивлениях герметично защищается металлическим чехлом 2 (ММТ-1 чехла не имеет), металлические выводы 3 изолируются друг от друга изоляторами 4 (стекло). Омическое сопротивление ММТ-1 может быть от  $10^3$  до  $2 \cdot 10^5$  ом.

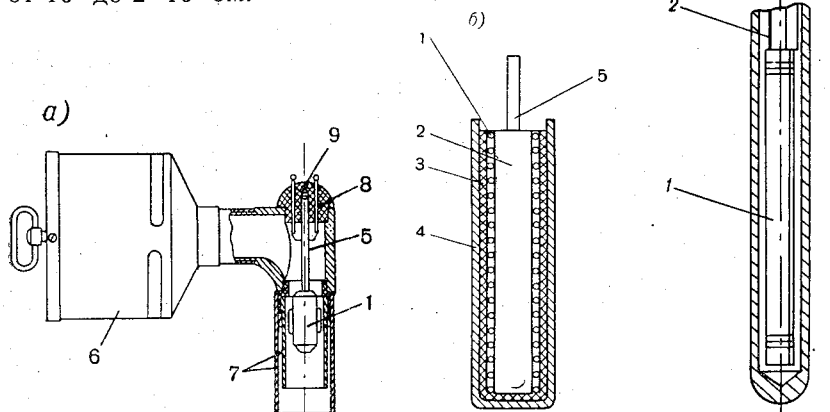


Рис. 2.24. Термометры сопротивления.

Измерение температуры термометрами сопротивления производится с помощью мостовых схем, которые позволяют наиболее точно измерять сопротивления термометров. Наибольшее распространение имеет мост Уитстона (рис. 2.26). Обычно термосопротивление служит плечом моста  $R_t$ , остальные плечи изготовляются из манганина, температурный коэффициент которого мал (см. табл. 2.2) по сравнению с температурным коэффициентом



том металлов, используемых для изготовления термометра сопротивления. Последнее позволяет считать сопротивление всех плеч моста, кроме термосопротивления, не зависящим от температуры.

Термометр сопротивления может быть выполнен в мостовой схеме в разных вариантах: на постоянном и переменном токе, в равновесном и неравновесном мостах и т. д. Рассмотрим работу термометра сопротивления в схеме равновесного и неравновесного мостов постоянного тока, где он служит одним из плеч моста  $R_t$ .

Когда мост находится в равновесном состоянии, разность потенциалов точек 2 и 4 (рис. 2.26) равна нулю и ток через гальванометр  $G$  не протекает. Это происходит в том случае, когда

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_2}{R_3}$$

или

$$R_t = \frac{R_2}{R_1} R_3. \quad (2.14)$$

Подставляя вместо  $R_t$  его значение  $R_t = R_0(1 + \alpha t)$  и решая полученное уравнение относительно  $t$ , получаем

$$t = \frac{R_2 R_3 - R_1 R_0}{\alpha R_1 R_0}. \quad (2.15)$$

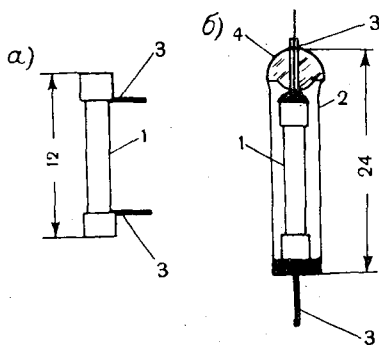


Рис. 2.25. Термисторы ММТ-1 (а) и ММТ-4 (б).

При измерении температуры равновесие моста устанавливается путем изменения сопротивления независимого от температуры переменного сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$  или  $R_3$  (см. соответственно на рис. 2.26 а, б или в). Движок регулируемого сопротивления механически связывается с указателем шкалы, на которой могут быть нанесены деления непосредственно в градусах температуры.

Термосопротивление  $R_t$  может быть удалено на значительное расстояние от остальных сопротивлений моста и подключено к схеме (в точках 3 и 4) с помощью соединительного провода, сопротивление которого  $r_{\text{п}}$ . При этом провода становятся как бы частью термометра сопротивления  $R_t' = R_t + 2r_{\text{п}}$  (рис. 2.26 д).

Изменение сопротивления подводящего провода будет восприниматься так же, как изменение сопротивления самого термометра, и сказываться на точности измерения температуры. Для уменьшения этой погрешности, связанной с изменениями сопротивления подводящих проводов, само сопротивление проводов должно быть мало по сравнению с сопротивлением термометра. Для этого при большой длине провод должен иметь

достаточно большую площадь сечения. Однако не всегда удобно увеличивать сопротивление термометра или применять провода большого сечения. Подводящие провода из манганина также не годятся. Поэтому, если необходима высокая точность измерения при значительном удалении точки замера от указывающего прибора, соединительные провода не следует подвергать большим температурным изменениям и, кроме того, необходимо вводить

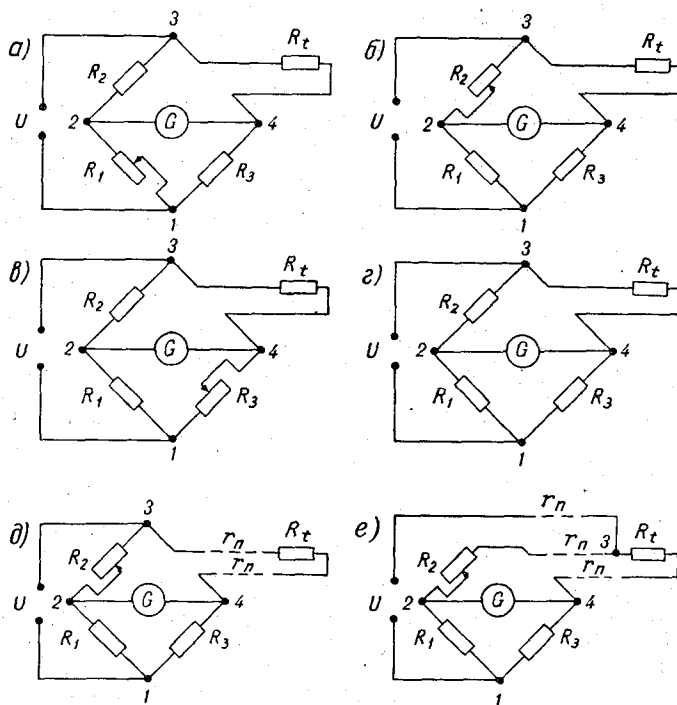


Рис. 2.26. Схемы измерительного моста Уитстона.

поправку на изменение сопротивления проводов. В ряде случаев целесообразно применять специальные схемы, при которых изменение сопротивления подводящих проводов в значительной мере компенсируется и поэтому не вызывает значительных погрешностей в измерениях температуры. Одна из таких схем показана на рис. 2.26 е. Здесь плечами моста являются:  $R_1$ ,  $R_2 + r_n$ ,  $R_3$  и  $R_t + r_n$ .

Равновесие моста установится при условии, когда

$$\frac{R_2 + r_n}{R_1} = \frac{R_t + r_n}{R_3},$$

откуда

$$R_t = \frac{R_3}{R_1} R_2 + \frac{R_3}{R_1} r_{\Pi} - r_{\Pi}. \quad (2.16)$$

Подставляя в (2.16) вместо  $R_t$  его значение  $R_t = R_0(1 + \alpha t)$  и решая относительно  $t$ , получаем

$$t = \frac{R_3 R_2 - R_1 R_0}{\alpha R_1 R_0} + \frac{R_3 r_{\Pi} - R_1 r_{\Pi}}{\alpha R_1 R_0}. \quad (2.16a)$$

Для того чтобы значение  $t$  не зависело от  $r_{\Pi}$ , числитель второго члена правой части уравнения (2.16a) должен быть равен нулю, т. е.  $R_3 r_{\Pi} - R_1 r_{\Pi} = 0$ . Это может быть при  $R_1 = R_3$ . Из этого следует, что при использовании схемы, помещенной на рис. 2.26 д, сопротивления плеч  $R_1$  и  $R_3$  должны быть равными. В этом случае уравнение (2.16a) превращается в уравнение (2.15). Это значит, что сопротивления подводящих проводов полностью скомпенсированы.

Термометр сопротивления может быть применен в неравновесной мостовой схеме. При этом его также включают в качестве одного из плеч моста (рис. 2.26 г). В этом случае температура  $t$  определяется по силе тока, протекающего через гальванометр, включенный в диагональ моста. Ток через гальванометр может быть с достаточной точностью выражен формулой

$$I = At, \quad (2.17)$$

где  $A$  — некоторая постоянная, зависящая от сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_t$ , сопротивления гальванометра и напряжения  $U$ , подаваемого на мост;  $t_0$  — температура, при которой мост находится в состоянии равновесия.

На шкалах гальванометров для измерения температуры с помощью неравновесного моста обычно наносят значения температуры. Измерения температуры сводятся к прямому отсчету по гальванометру. Это является преимуществом применения схемы включения термометра в неравновесный мост по сравнению с включением в равновесный мост.

С помощью термометров сопротивления и специальных регистраторов может осуществляться регистрация температуры. В качестве регистратора могут использоваться электронные мосты, гальванографы с регистрацией на фотобумаге, гальванографы с точечной записью и другие.

Термометры сопротивления в ряде случаев имеют преимущества перед жидкостными термометрами. Один термометр сопротивления при соответствующем выборе измерительной схемы может обеспечить измерение температуры во всем диапазоне температур, которые имеют место при метеорологических измерениях. Термометр сопротивления может быть изготовлен

с достаточно малой инерцией ( $\lambda < 1$  сек) без ущерба для его чувствительности.

Термометр сопротивления позволяет производить измерения на значительных (до нескольких сотен метров) расстояниях от той точки, где он установлен. Однако термометр сопротивления требует измерительную схему с источником питания, достаточно сложную в изготовлении, особенно при точных измерениях. Термометр сопротивления более сложен в эксплуатации и, кроме того, требует более частых проверок.

Термометры сопротивления широко применяются при метеорологических измерениях. Они используются, в частности, в большинстве типов дистанционных метеорологических станций.

Выпускается несколько установок для измерения температуры почвы, в которых в качестве чувствительных элементов используется платиновая или медная проволока. Термисторы достаточно широко применяются в качестве чувствительного элемента датчика температуры в радиозонде.

Ниже дается описание нескольких установок с термометрами сопротивления.

**Электротермометр (АМ-2М)** используется в агрометеорологии для измерения температуры почвы на глубине 2—5 см. Он обеспечивает измерение температуры от  $-30$  до  $+45^\circ$  с точностью до  $\pm 1^\circ$  с переключением в двух диапазонах: от  $-30$  до  $+5^\circ$  и от  $+5$  до  $+45^\circ$ .

Электротермометр состоит из комплекта датчиков и измерительного пульта (рис. 2.27). Число датчиков ничем не ограничивается, но обычно в комплекте их 10 штук. Каждый датчик состоит из герметического металлического корпуса (кожуха) 2, внутри которого помещается чувствительный элемент (медная проволока), подвключенный к отрезку двужильного кабеля 1, оканчивающегося штепсельной вилкой 3.

Для удобства погружения чувствительного элемента в почву на нужную глубину его кожуху 2 придана форма лопаточки. Медная проволока намотана на каркас 3 (рис. 2.28) и концы ее припаяны к штырькам каркаса, а последние с помощью подгонных проводков 1 — к жилам 2 кабеля. Кожух 4 припаивается к свинцовой оболочке кабеля. Второй конец кабеля заделывается в вилке (жилы кабеля припаиваются к штырькам 5, а конец кабеля вставляется в водонепроницаемый корпус вилки и заливается специальной массой). Вилка имеет крышку 6.

Измерительный пульт собран в корпусе 6 (рис. 2.27), закрывающемся крышкой 4. В пульте смонтированы неравновесный мост с измерительным прибором ИП, батарея сухих элементов Б для питания моста, реостат и переключатели. Мост имеет три

плеча постоянного сопротивления из манганина —  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  (рис. 2.29). В качестве четвертого плеча при измерении температуры используется датчик  $R_t$ , а когда с помощью реостата  $R_p$

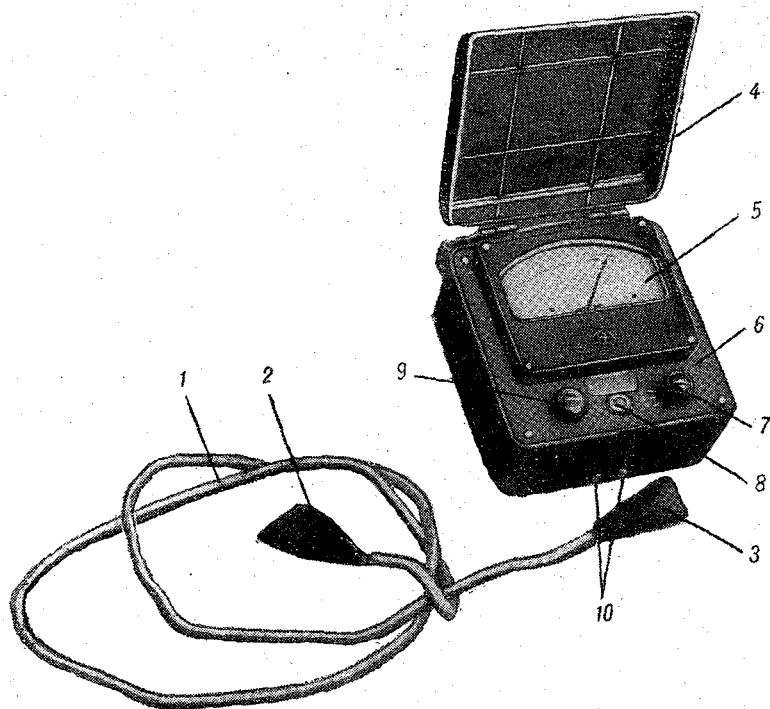


Рис. 2.27. Термометр АМ-2М.

устанавливается напряжение питания моста, то в качестве четвертого плеча подключается постоянное сопротивление  $R_k$ . При

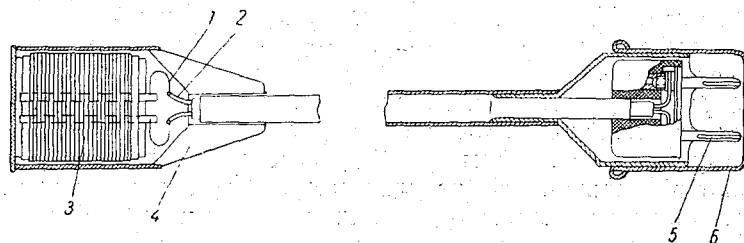


Рис. 2.28. Датчик термометра.

этом добиваются, чтобы стрелка измерительного прибора находилась на контрольном делении шкалы (обычно  $45^\circ$ ), указанном в паспорте прибора.

Датчики устанавливаются в почву на заданную глубину. На этой же глубине укладывается кабель. Конец кабеля с вилкой прикрепляется к деревянному столбику (стойке). При производстве измерений пульт устанавливают на столбике. С вилки снимается крышка, и датчик подключается к измерительному прибору, для чего вилка 3 вставляется в гнездо 10 (ШР) (рис. 2.27 и 2.29).

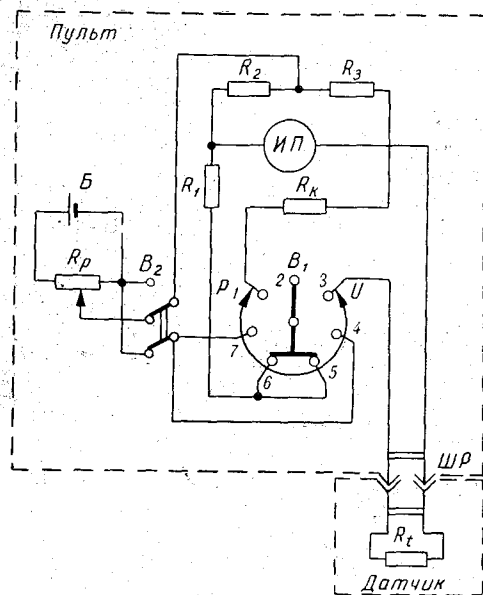


Рис. 2.29. Электрическая схема термометра.

При открытой крышке 4 рукоятка переключателя рода работ 7 ( $B_2$ ) устанавливается в положение В (выключено) (при этом замкнуты контакты 2 и 6—5). Питание на мост не подается. Проверяется, правильно ли установлена стрелка измерительного прибора 5 (ИП). Она должна находиться на делении  $+50^\circ$  (в случае необходимости ее с помощью корректора подводят к этому делению). Затем рукоятку 7 переключателя  $B_1$  устанавливают в положение Р (регулировка) (замыкаются контакты 1, 4, 5), при этом на мост подается питание и в качестве четвертого плеча включается контрольное сопротивление  $R_K$ . Стрелка измерительного прибора должна установиться на контрольном делении шкалы  $+45^\circ$ , в противном случае ее устанавливают на этом делении, регулируя напряжение питания моста рукояткой 9 реостата ( $R_p$ ). Затем рукоятку 7 переключателя  $B_1$  устанавливают в положение И (измерение) (замкнуты контакты

3, 7, 6). При этом датчик (термометр  $R_t$ ) подключается в качестве четвертого плеча моста и стрелка прибора (ИП) указывает по шкале температуру почвы. После записи показаний прибора можно снова произвести контроль положения стрелки и напряжения питания. Переключатель (тумблер)  $B_2$  служит для переключений прибора на нужный диапазон измерения: от  $-30$  до  $+5^\circ$  или от  $+5$  до  $+45^\circ$ . Это выполняется с помощью рукоятки тумблера 8, устанавливаемой в положение «—» (диапазон отрицательных температур) или «+» (положительных). Переключение диапазонов выполняется переключением полярности питания моста. Измерения с помощью термометра АМ-2М следует проводить, руководствуясь «Наставлением», вып. 11, ч. 1.

Установки для измерения температуры почвы М-54 и М-54-1М предназначены для дистанционного измерения температуры почвы на десяти глубинах: 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80, 120, 160 и 320 см. Они заменяют на метеорологических станциях комплект термометров Савинова и установку с вытяжными почвенными термометрами.

Установки обеспечивают измерение температуры в пределах от  $-30$  до  $+50^\circ$  с точностью  $0,1^\circ$  с переключением на 8 или 9 диапазонов, каждый из которых равен примерно  $10^\circ$ .

Установки содержат десять датчиков, соединительные кабели и измерительный пульт. Датчики изготовлены из пучка медной проволоки сопротивлением 500 ом, уложенного без каркаса в водонепроницаемом корпусе (рис. 2.24 в). Датчики соединяются с пультом при помощи двух шестижильных кабелей (по пять датчиков к каждому кабелю; каждый термометр подключен к основному шестижильному кабелю с помощью отрезка двухжильного соединительного кабеля). Ранее выпускалась установка М-54 с короткими кабелями (длиной 15 м) с целью удешевления установки за счет экономии кабеля, при этом не могло быть полностью реализовано одно из основных преимуществ термометров сопротивления — возможность дистанционного измерения. При измерениях с помощью М-54 его пульт приходится выносить к месту установки термометров (вернее, к месту, где находятся концы кабелей с разъемами) — обычно на расстояние около 100 м от помещения. В связи с этим в настоящее время начали выпускаться установки М-54-1М с кабелями длиной 120 м, которые позволяют производить измерения температуры почвы на глубине непосредственно из помещения, где устанавливается измерительный пульт.

Принципиальная электрическая схема установки М-54 приведена на рис. 2.31, а его измерительный пульт — на рис. 2.30. Два комплекта термометров  $R_{t1}—R_{t5}$  и  $R_{t6}—R_{t10}$  с шестижильными кабелями подключаются к измерительному пульту с помощью штепсельных разъемов ШР<sub>1</sub> и ШР<sub>2</sub>. В измерительном пульте размещен неравновесный мост с измерительным

прибором ИП, три переключателя  $B_1, B_2, B_3$ , реостат  $R_n$ , эталонное (контрольное) сопротивление  $R_K$  и источник питания моста — батарея сухих элементов Б.

Два плеча моста составляют постоянное сопротивление  $R_1$  (1000 ом) и  $R_2$  (100 ом), третьим плечом служит один из десяти термометров  $R_{t1}—R_{t10}$ , поочередно включаемых в мост переключателем  $B_1$ , четвертым плечом является сопротивление  $R_3$

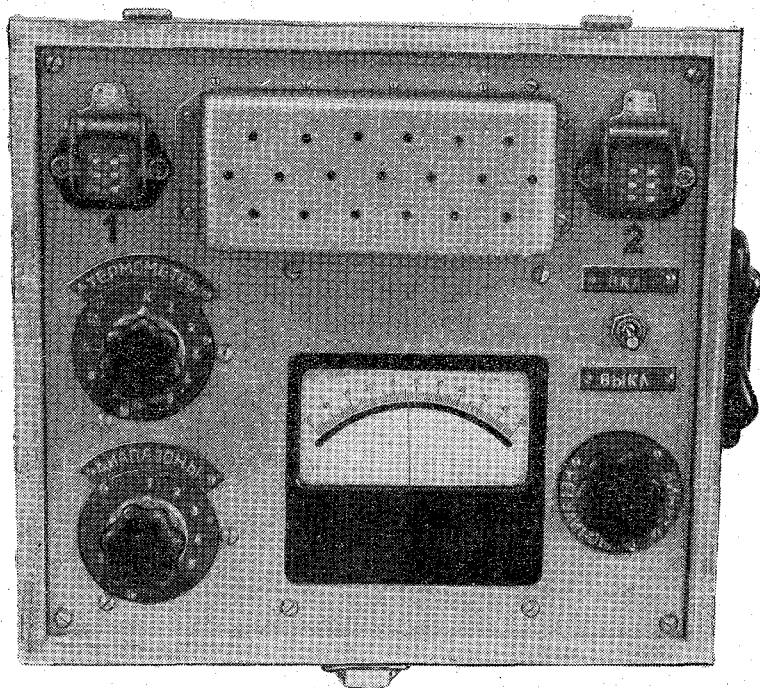


Рис. 2.30. Измерительный пульт установки М-54.

(373 ом) и последовательно с ним соединенные восемь сопротивлений  $r_1—r_8$ . С помощью переключателя  $B_2$  в мост в качестве его плеча можно включить только одно  $R_3$  ( $B_2$  в положении 1) или же вместе с последовательно присоединенными к нему сопротивлениями  $r_1$  ( $B_2$  в положении 2) или  $r_1 + r_2$  ( $B_2$  в положении 3) и т. д.

Такое ступенчатое изменение сопротивления этого плеча моста сделано с целью разбивки всего предела измерения температуры от  $-30$  до  $+50^\circ$  на девять диапазонов измерений, каждый около  $10^\circ$  (диапазоны измерений должны перекрывать друг друга). Каждому из девяти положений переключателя диа-



пазонов  $B_2$  соответствует определенный диапазон температуры: положению 9 — диапазон самых высоких температур, положению 1 — самых низких.

Подбор диапазона с помощью переключателя  $B_2$  производится таким образом, чтобы стрелка измерительного прибора находилась в пределах шкалы. Шкала прибора имеет 100 делений ( $\pm 50$  делений) с нулем посередине, перемещение стрелки на одно деление соответствует изменению температуры на  $0,1^\circ$ . К каждому прибору прилагается градуировочная кривая (таблица), с помощью которой показания прибора (положения диапазонного переключателя и стрелки) переводятся в значения температуры.

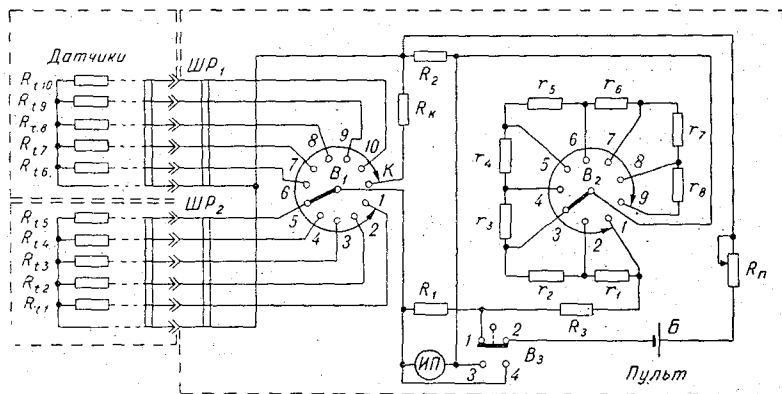


Рис. 2.31. Принципиальная электрическая схема установки М-54.

Переключатель  $B_3$  служит для включения (питания) прибора (замыкаются контакты 1—2). При выключении прибора (питания) переключатель  $B_3$  замыкает накоротко измерительный прибор (замыкаются контакты 3—4). Перед производством измерений проверяют, правильно ли устанавливается стрелка на нулевом положении. Это делается при отключенном источнике питания (переключатель  $B_3$  замыкает контакты 3—4); в случае необходимости стрелка подводится к нулевому делению корректором. Затем при двух положениях переключателя  $B_2$ , указанных в паспорте прибора, проверяется напряжение питания. Для этого переключатель  $B_1$  устанавливается в положение К, при этом эталонное сопротивление включается как одно из плеч моста (вместо термометра сопротивления), а переключателем  $B_3$  включают питание от батареи Б (замыкаются контакты 1—2). Стрелка указывающего прибора должна устанавливаться на контрольных делениях, указанных в паспорте для каждого из двух положений переключателя  $B_2$ . В случае необходимости

напряжение питания регулируется с помощью реостата  $R_{\Pi}$ . Далее переключателем  $B_1$  производятся поочередные подключения всех десяти термометров и измерение температур. Показания прибора (положения рукояток переключателей  $B_1$ ,  $B_2$  и стрелки прибора относительно шкалы) записываются. После измерения температуры снова проверяется правильность положения стрелки и напряжения питания (если положение стрелки или напряжение изменилось, что при нормальной работе прибора явление крайне редкое, следует снова произвести регулировку, а измерение повторить).

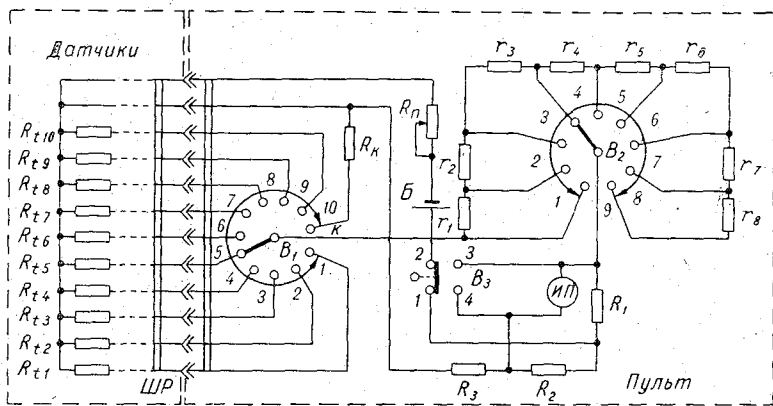


Рис. 2.32. Принципиальная электрическая схема установки М-54-1М.

Установка М-54-1М отличается от М-54 тем, что термометры подключаются к измерительному мосту по трехпроводной схеме (рис. 2.32). Необходимость в этом возникла из-за применения длинного кабеля (120 м), имеющего достаточно большое сопротивление (до 6 ом), изменяющееся в зависимости от температуры.

Все десять термометров подключены к одному кабелю, который с помощью штепсельного разъема подключается к измерительному пульту.

Установка обеспечивает измерение температуры на десяти глубинах в диапазоне от  $-35$  до  $+55^\circ$ . Измерение температуры установкой производится в девяти диапазонах по  $10^\circ$  в каждой (с некоторым перекрытием). Переключение диапазонов производится переключателем диапазонов  $B_2$ . Однако при этом, в отличие от М-54, дополнительные сопротивления ( $r_1-r_9$ ) подключаются не к постоянному плечу моста, а к термосопротивлению. Так как при этом три плеча моста остаются постоянными, а чет-

верное меняется в небольших пределах, то шкала температуры здесь более равномерна. В остальном установка М-54-1М не отличается от М-54.

### Термоэлектрические термометры

Явление термотока заключается в том, что в замкнутой цепи, составленной из двух разнородных проводников, возникает электрический ток, если температура мест соединения проводников различна.

Металлы можно расположить в следующий термоэлектрический ряд: (—) Bi, Co, Ni, K, Pd, Na, Hg, Pt, Al, Mg, Sn, Pb, Cs, Ag, Cu, Zn, Cd, Mo, Fe, Sb, Si (+).

Если составить термопары из любых двух металлов, входящих в этот ряд, то предшествующий металл окажется электроотрицательным, а последующий — электроположительным. Чем дальше друг от друга стоят в термоэлектрическом ряду металлы, составляющие термопару, тем больше при заданной разности температур возникающая э.д.с.

Температурная зависимость э.д.с. термопары выражается формулой

$$E = \varepsilon(t_1 - t_2), \quad (2.18)$$

где  $\varepsilon$  — постоянная величина для данной пары.

На основании зависимости (2.18)  $\varepsilon$  определяется для данной термопары как электродвижущая сила, возникающая при разности температур спаев в  $1^\circ$ .

В табл. 2.3 даны средние значения  $\varepsilon$  в микровольтах для некоторых термопар, применяющихся при измерениях температуры.

Таблица 2.3

Электродвижущие силы некоторых термопар

Термопара	$\varepsilon \cdot 10^6$ в/град
Медь — константан	41
Манганин — константан	41
Платина — константан	34
Железо — константан	52
Константан — хромоникель	69

Сила тока, возникающего в замкнутой цепи, состоящей из термопары с сопротивлением  $r$  и сопротивления нагрузки  $R$  (главным образом из сопротивления гальванометра, так как

сопротивление подводящих проводов мало), при разности температур  $\Delta t$  выражается формулой

$$I = \frac{\varepsilon \Delta t}{R + r} = \frac{\varepsilon \Delta t}{R \left(1 + \frac{r}{R}\right)}. \quad (2.19)$$

Напряжение во внешней цепи определяется как

$$U = \frac{\varepsilon R}{R + r} \Delta t. \quad (2.20)$$

Часто для увеличения температурной чувствительности термоэлектрической установки в цепь включается несколько последовательно соединенных термопар (рис. 2.33). В этом случае выражения (2.19) и (2.20) примут вид:

$$I_n = \frac{n\varepsilon}{R \left(1 + \frac{nr}{R}\right)} \Delta t, \quad (2.19a)$$

$$V_n = \frac{n\varepsilon}{1 + \frac{nr}{R}} \Delta t, \quad (2.20a)$$

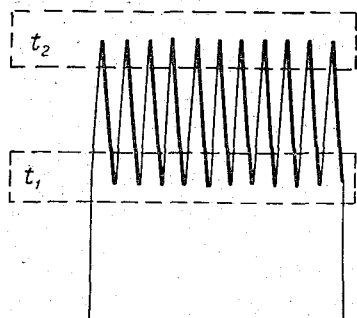


Рис. 2.33. Термобатарея.

где  $n$  — число термопар.

Однако следует помнить, что нельзя брать слишком много термопар, так как с увеличением их числа увеличивается сопротивление  $nr$  термобатареи.

В метеорологии термоэлектрические термопары применяются для измерения температуры воздуха, почвы и воды. В этом случае температура «холодного» спая  $t$  должна измеряться с помощью какого-либо вспомогательного термометра.

Термопары могут также применяться для измерения градиентов температуры.

Шкала гальванометров, включенных в цепь термопары или термобатареи, может быть, согласно формуле (2.19) или (2.19 а), разделена на градусы температурной шкалы. Для регистрации показаний термоэлектрических термометров могут быть использованы зеркальные гальваногграфы и гальваногграфы с точечной записью.

Термопары, так же как и термометры сопротивления, в ряде случаев имеют преимущества перед жидкостными термометрами. Одна и та же термопара может обеспечить измерение во всем диапазоне температур, встречающихся в метеорологии. Они могут быть изготовлены практически с малой инерцией без уменьшения их чувствительности. С помощью термопары можно

измерять температуру на некотором расстоянии от точки замера. В изготовлении она проста, стоимость практически определяется только стоимостью измерительного прибора. Особенно удобно применять термопары при измерении разности температур в двух точках. Однако следует иметь в виду, что при измерениях с термопарой требуется измерительный прибор высокой чувствительности. При измерении температуры необходимо определять температуру холодного спая или поддерживать его при постоянной известной температуре, что иногда является затруднительным.

### **Измерение и регистрация температуры воздуха и почвы на метеорологических станциях**

При измерении температуры воздуха в естественных условиях возникают затруднения главным образом из-за непостоянства измеряемого элемента, а также из-за того, что термометр должен устанавливаться в какой-либо защите, предохраняющей его от радиации, осадков и других воздействий, вносящих погрешности в измерение температуры.

Термометр, установленный без защиты на открытом воздухе, будет показывать температуру самого термометра, которая может отличаться от температуры воздуха и будет зависеть от поглощательной и излучательной способности самого термометра и интенсивности падающей на него радиации. Таким образом, понятие «температура на солнце» не имеет смысла, так как показание термометра, подвергающегося воздействию прямых солнечных лучей, не может служить мерилom температуры воздуха.

Кроме того, показания термометра зависят от излучения окружающих его предметов и поверхности земли, поэтому при измерении температуры воздуха необходимо термометр помещать в защиту, ограждающую его от воздействия радиации и в то же время обеспечивающую достаточно интенсивный теплообмен с воздухом (хорошую вентиляцию термометра).

**Психрометрическая будка.** Типы защиты, применяемые на метеорологических станциях, могут быть весьма разнообразными. На метеорологической сети Советского Союза принята деревянная жалюзийная будка (рис. 2.34 а).

Внутренние размеры будки следующие: высота 525 мм, ширина 460 мм, глубина 290 мм. Все четыре стенки сделаны из двойных жалюзи. Пластинки жалюзи шириной 35 мм и толщиной 6 мм крепятся на расстоянии 25 мм друг от друга под углом 45° к горизонтальной плоскости (рис. 2.34 б). Такие жалюзи защищают термометры, установленные в будке, от попадания на них прямой солнечной радиации и вместе с тем обеспечивают свободный доступ воздуха. Потолок будки сделан сплошным, дно состоит из трех досок, причем одна доска (средняя) укреплена несколько выше двух других и перекрывает зазор между

ними. Одна из жалюзийных стенок укреплена на петлях и служит дверцей. Над потолком будки для уменьшения ее нагревания укреплена еще крыша, имеющая небольшой скат. Внутри будки укреплен железный штатив (рис. 2.35), на котором устанавливаются два психрометрических термометра: сухой — слева и смоченный — справа. Между этими термометрами при помощи винтов закрепляется волосной гигрометр. В нижней части кронштейна на особых железных лапках лежат максимальный и минимальный термометры.

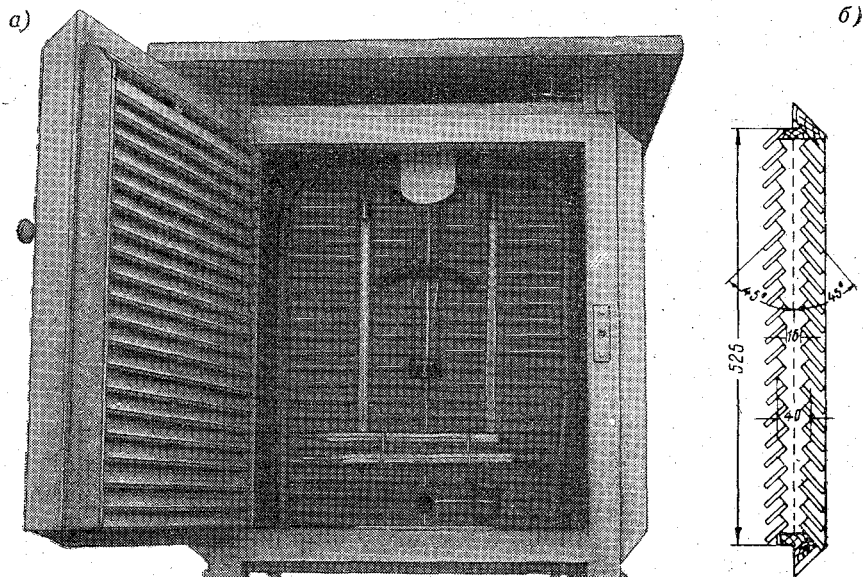


Рис. 2.34. Психрометрическая жалюзийная будка.

На нижней перекладине штатива укреплено кольцо, в которое вставляется психрометрический стаканчик с водой. Для уменьшения нагревания вся будка должна быть хорошо покрашена белилами.

Будка устанавливается на деревянных или металлических стойках, имеющих вид усеченной пирамиды (рис. 2.36), и прикрепляется железными угольниками или планками.

Для измерения температуры воздуха строго на одной и той же высоте (2 м) будку устанавливают так, чтобы резервуары термометров были на высоте 2 м от поверхности почвы.

Зимой в местах, где снежный покров достигает высоты более 1 м, надо иметь запасную подставку высотой 2,75 м и лесенку соответствующих размеров. На этой подставке устанавливают будку, когда высота снежного покрова будет около 1 м. Летом

необходимо следить за тем, чтобы трава под будкой была невысокой.

Будка ориентируется дверцей на север с тем, чтобы во время проведения измерений солнечные лучи не могли попасть на термометры.

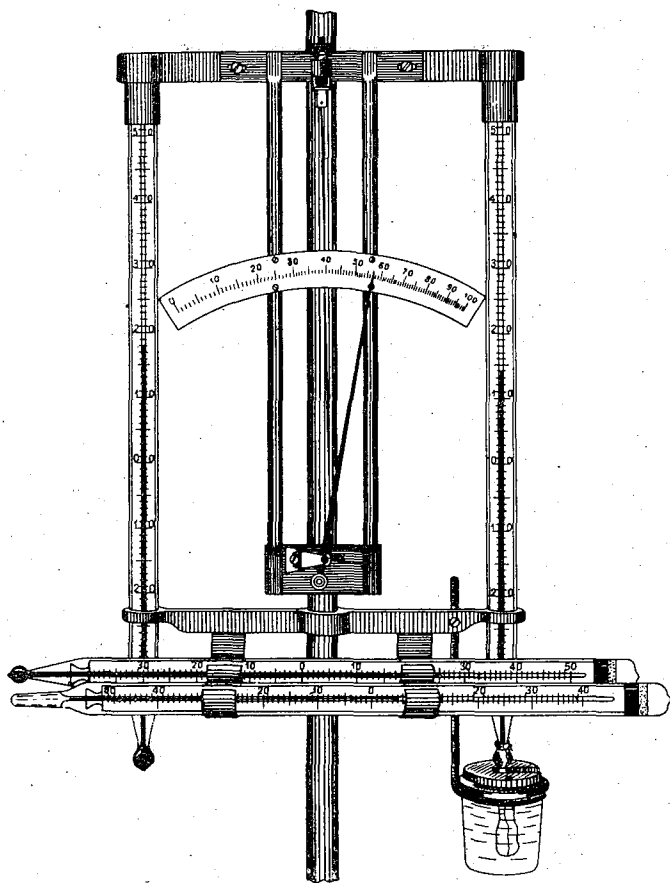


Рис. 2.35. Установка термометра в психрометрической будке.

На полярных станциях, где солнце может находиться и в северной части неба, эта мера не всегда действенна. Наблюдателям в таких случаях при производстве измерений следует термометры затенять своим корпусом.

Около будки устанавливается лесенка с решетчатой площадкой, с которой наблюдателю легко производить отсчеты. Лесенка не должна упираться в подставку будки.

Если на метеорологической станции имеется электрическое освещение, то для отсчетов весьма удобно освещать термометры при помощи электрической лампочки, которую лучше всего установить на потолке будки, поближе к дверцам, во избежание нагревания воздуха. Лампа должна быть небольшой мощности

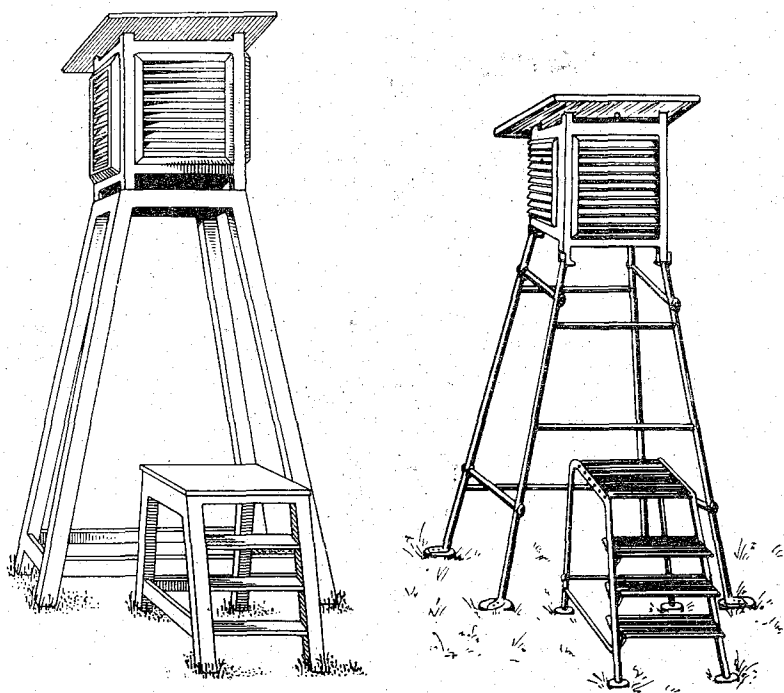


Рис. 2.36. Психрометрическая будка на деревянной (слева) и металлической (справа) подставках.

(не более 25 вт). Зажигать лампу следует только на время отсчета, в противном случае это может вызвать повышение температуры воздуха в будке.<sup>1</sup>

Будка должна стоять открыто, не затеняться и не иметь по соседству каких-либо предметов (зданий, деревьев и т. п.). При производстве измерений показания всех термометров записывают в специальную книжку. Затем в соответствии с имеющимися поверочными свидетельствами вводят поправки к показаниям термометров.

<sup>1</sup> Очередность отсчетов термометров определена «Наставлением», вып. 3, ч. I.



Установка термографа и уход за ним. Для непрерывной регистрации изменений температуры воздуха пользуются термографами, устанавливаемыми в жалюзийных будках на метеорологических площадках (рис. 2.37). Внутренние размеры будки, в которой устанавливается термограф, несколько отличаются от размеров психрометрической будки для термометров. Глубина будки 460 мм, высота 605 мм, ширина 460 мм. Жалюзи, потолок, дно и крышка будки для самописцев имеют такое же

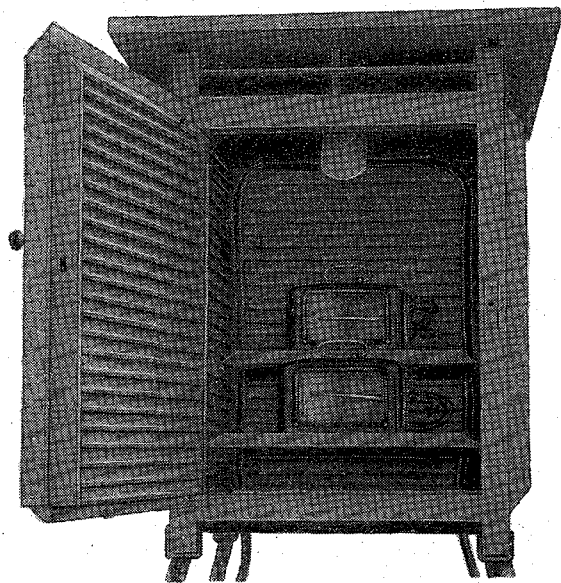


Рис. 2.37. Будка с самописцами.

устройство, как и у психрометрической будки. Будка для самописцев устанавливается на расстоянии 4—5 м от психрометрической будки, причем подставка под будку, ее высота над почвой, а также и ориентировка относительно сторон горизонта одинаковы с психрометрической будкой.

Термограф устанавливается на нижней полочке так, чтобы его биметаллический элемент находился на высоте 2 м от почвы (над ним на специальной полочке установлен гигрограф).

Некоторый запас лент для термографа следует хранить не в комнате, а в самой будке, где установлен прибор. Делается это с той целью, чтобы после надевания ленты на барабан длина ее не менялась от изменения влажности.

В зимнее время температура воздуха в некоторых местностях может быть ниже тех обычных пределов, на которые рассчитан термограф. В этих местностях в начале зимы с наступлением морозов стрелка пера термографа с помощью винта

перемещается вверх на 15—20° по шкале ленты. Таким образом, даже при сильных понижениях температуры перо термографа не выйдет за пределы шкалы. Перевод пера создает большие расхождения между температурой воздуха и ее значениями, получаемыми по записи на ленте. Для исправления результатов записи при обработке ленты вводят соответствующую поправку.

Смена лент на термографе производится в следующем порядке.

1. На оборотной стороне чистой ленты надписывают название пункта наблюдений, год, месяц и число, когда ставится лента, затем открывают крышку термографа, отводят стрелку с пером и снимают барабан с оси.

2. В верхнем углу конца ленты записывают время (с точностью до одной минуты), когда сделана последняя отметка; освобождая ленту, снимают ее с барабана. Затем накладывают новую ленту так, чтобы она плотно прилегала к барабану и нижний ее обрез вплотную упирался в выступ, имеющийся на барабане. Левый край ленты накладывают на правый. Горизонтальные линии на обоих концах ленты должны совпасть. Отмечают в верхнем левом углу новой ленты по часам время начала записи (с точностью до одной минуты) и надевают барабан на ось.

3. Барабан устанавливают так, чтобы положение пера относительно шкалы ленты соответствовало времени установки.

Барабан при этом можно вращать в любом направлении, так как трибка барабана, имеющая сцепление с шестеренкой, укрепленной на оси, держится на своей оси только трением; однако при окончательной установке барабана в нужном положении последнее вращение его рукой должно производиться против часовой стрелки (для выборки люфтов).

4. Придвигают арретир так, чтобы перо прикоснулось к ленте, надетой на барабан. При этом от пера должен остаться след на ленте. Затем закрывают крышку термографа.

При неудовлетворительной записи перо следует снять, промыть спиртом или водой, хорошо обтереть и, прочистив кусочком плотной бумаги расщеп пера, снова насадить на стрелку и наполнить перо чернилами, следя за тем, чтобы их не было слишком много. В случае необходимости перо заменяют.

После насадки пера следует проверить правильность его установки на стрелке. Расстояние от оси вращения рычага до кончика пера (радиус вращения пера) должно быть равным радиусу вертикальных кривых на ленте.

Для проверки правильности насадки пера при помощи регулировочного ключа или винта перемещают перо так, чтобы оно прошло по всей шкале ленты. Если при этом запись пера по всей шкале будет идти параллельно кривым, нанесенным на ленте, то перо насажено правильно. После этого при помощи

ключа следует установить перо по ленте на значение температуры, которое показывает сухой термометр в будке.

Необходимо также проверить правильность нажима пера на бумагу. При слишком большом нажиме создается большое трение, перо цепляется за бумагу, задерживается в своем движении и запись на ленте получается ступенчатой. Правильность нажима определяют, наклоняя термограф на угол  $30-40^\circ$  в ту сторону, где расположено перо. При правильном нажиме (при таком угле наклона) перо должно отходить от ленты. Если при наклоне самописца перо не отходит, это значит, что нажим слишком велик и его следует уменьшить.

Для обработки записи на ленте самописца необходимо иметь поправки, которые получают на основании одновременных определений температуры воздуха по психрометрическому термометру в будке и по записи термографа восемь раз в сутки и во время наложения и снятия ленты. Время сравнительных измерений отмечается непосредственно на ленте в виде черточек, пересекающих температурную кривую. В термографах последней модели отметки делаются нажатием кнопки, расположенной на задней стенке термографа.

Обработка записей на лентах термографа состоит из нескольких операций, выполняемых в такой последовательности.

1. Если целые часы не совпадают с соответствующими ординатами на ленте, то разбивают записи на ленте по часовым интервалам.

2. Определяют ежечасные значения температуры по записям термографа.

3. Определяют поправки для этих значений.

4. Вычисляют температуру путем введения поправок (введение поправок к ординатам температуры).

*Пример.* На рис. 2.38 показан участок ленты термографа с записью и ее обработка. Обработка выполнена на основании контрольных отметок в сроки измерений.

Для каждого часа по записи определяют значения температуры с точностью до  $0,1^\circ$  и записывают эти значения в нижней части ленты у соответствующей часовой ординаты. Затем для срочных часов выписывают на ленту значения исправленных показаний психрометрического термометра. После этого вычисляют разницу между температурой, измеренной термометром, и температурой, снятой с записи на ленте. Эти разности являются поправками к значениям температуры в срочные часы по записи на ленте.

Так, например, в 21 час температура по психрометрическому термометру была  $9,5^\circ$ , а в 24 час  $5,5^\circ$ . Для 21 час поправка к данным по термографу будет равна  $9,5 - 9,8 = 0,3^\circ$ , для 24 час поправка равна  $5,5 - 5,5 = 0,0^\circ$ . За 3 час поправка изменилась на  $0,0^\circ - (-0,3^\circ) = 0,3^\circ$ . При условии плавного изменения поправка каждый час изменялась на  $0,3^\circ : 3$ . На основании этих данных поправка вычисляется для каждого часа:

$$\begin{array}{ll} 21 & -0,3^\circ \\ 22 & -0,3^\circ + 1 \times (0,3 : 3) = -0,2^\circ \\ 23 & -0,3^\circ + 2 \times (0,3^\circ : 3) = -0,1^\circ \\ 24 & -0,0^\circ \end{array}$$

Поправки записывают на ленте (вторая строка) и прибавляют их к значениям температуры, ранее полученным по записи на ленте; затем записывают исправленные значения температуры для каждого часа (нижняя строка).

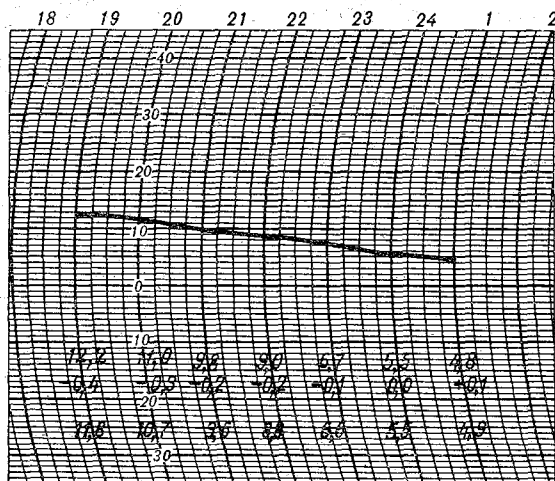


Рис. 2.38. Лента термографа.

На станциях вычисления поправок в межсрочные часы производят с помощью специальных таблиц.

### Измерение температуры почвы

**Измерение температуры на поверхности почвы.** На метеорологических станциях для этих измерений применяют жидкостные термометры. Точное измерение температуры поверхности почвы представляет значительные трудности. Приемник термометра, с помощью которого измеряют температуру поверхностного слоя почвы, должен лежать на ней совершенно открыто, без какого-либо затенения, так как если затенить термометр, то условия для нагревания и охлаждения поверхностного слоя почвы в этом месте будут иными, чем для окружающего поверхностного слоя. Между тем при наличии прямой солнечной радиации температуры термометра и почвы сильно различаются между собой, поэтому термометр, хотя и будет касаться почвы, все же не покажет ее температуру. При отсутствии солнца термометр, лежащий на поверхности земли, также не будет показывать ее температуру, так как лучеиспускательные способности термометра и почвы различны.

Таким образом, термометр, лежащий открыто на поверхности почвы, показывает, вообще говоря, свою собственную температуру, которая отлична от температуры поверхности почвы и зависит от весьма большого количества факторов, как, например, от формы резервуара приемника, его размеров, рода жидкости термометра, состояния поверхности резервуара и т. п.

На основании целого ряда наблюдений известно, что термометры различных конструкций, установленные на поверхности почвы открыто, могут при некоторых условиях дать показания, отличающиеся друг от друга на  $5^{\circ}$ .

В поисках наиболее рационального способа измерения температуры поверхности почвы при помощи жидкостных термометров были испытаны различные варианты их установок. Однако эти поиски не дали вполне удовлетворительных результатов. В настоящее время на метеорологических станциях температуру поверхностного слоя почвы определяют при помощи жидкостных термометров, лежащих на ней открыто. Для наблюдений служат срочный, максимальный и минимальный термометры. Термометры кладут на открытой, незатеняемой оголенной площадке размером  $4 \times 6$  м. Весной площадка перекапывается на глубину 25—30 см, выравнивается и разрыхляется; в дальнейшем систематически пропалывается. В теплое время года термометры устанавливаются в центре площадки так, чтобы резервуар и внешняя оболочка их погружались наполовину в почву. Устанавливать термометры следует резервуарами к востоку на расстоянии 5—6 см друг от друга: первый с севера срочный, затем минимальный и за ним максимальный.

При наличии снежного покрова все три термометра кладут таким же образом на поверхность снега. В ясные летние дни минимальный термометр после 7-часового срока убирают в тень и вновь устанавливают за 0,5 час до срока в 19 час. Это делается для того, чтобы минимальный термометр не подвергался сильному нагреванию солнечными лучами, что может привести к его порче. При последующем охлаждении такого термометра создаются благоприятные условия для дистилляции спирта в верхнюю часть капилляра.

Так как принятый на сети метод для определения температуры поверхности почвы является далеко не совершенным, ведутся работы по улучшению методики этих наблюдений, в частности, с помощью термометров сопротивления и термопар.

Измерение температуры почвы производится на глубинах 2, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80, 120 и 160, 240 и 320 см термометрами сопротивления или же на глубинах 5, 10, 15 и 20 см коленчатыми термометрами (Савинова), а на глубинах 20, 40, 80, 120, 160, 240 и 320 см — вытяжными термометрами.

Отсчеты по термометрам, установленным на глубинах до 60 см включительно, производятся во все сроки — восемь раз

в сутки; по термометрам, установленным на глубине 60 см и ниже, — один раз в сутки (в 13 час). В зимнее время при наличии снежного покрова высотой в 15 см и более измерение температуры на всех глубинах производится только один раз в сутки.

Наблюдения по коленчатым термометрам (Савинова) производят на той же оголенной (лишенной растительности) площадке, где устанавливаются термометры для наблюдений над температурой поверхности почвы.

Коленчатые термометры устанавливаются в середине участка после схода снежного покрова на 20 см к западу от напочвенных термометров. Выступающие из земли части коленчатых термометров должны располагаться в ряд по нарастающим глубинам (0,05, 0,10, 0,15, 0,20 м) в направлении с востока на запад, причем резервуары их должны быть обращены на север. Расстояние между термометрами должно быть около 10 см.

При установке термометров в почве делается канавка (выемка) длиной 40 см и шириной 25—30 см с одной вертикальной стенкой (на севере). Канавка направляется не точно по линии восток—запад, а с отклонением от этой линии к северу примерно на 30°.

Вдоль выемки кладут прямую рейку, отмечают от нижней ее поверхности глубину, на которой должен быть установлен термометр, и делают в отвесной стенке горизонтальное углубление самым резервуаром термометра. Термометр вдвигается в почву до самого изгиба. При этом требуется, чтобы почва плотно прилегала к резервуару термометра. Когда термометр вставлен, его частично засыпают землей. После установки всех термометров канавку засыпают вровень с поверхностью участка.

Для большей устойчивости термометров необходимо сделать деревянные рогатки, которыми нужно подпереть выступающие над почвой части термометров (рис. 2.39).

Осенью, когда на глубине 5 см температура становится ниже 0°, коленчатые термометры убираются, так как при замерзании поверхностного слоя почвы термометры ломаются.

Установка вытяжных термометров производится на открытом незатеняемом месте с естественным покровом. Трубы располагаются в один ряд на расстоянии 50 см друг от друга по возрастающей глубине в направлении с востока на запад. Установка труб в почве производится с помощью бура в вертикальных скважинах соответствующей глубины. Часть трубы, выдающуюся над почвой, укрепляют при помощи проволочных оттяжек. Наземная часть труб в районах с высотой снежного покрова более 50 см должна быть равной 1 м, в районах с высотой снежного покрова менее 50 см — 0,4 м.

Чтобы при наблюдениях по вытяжным термометрам по возможности не нарушать вокруг них состояние поверхности почвы,

делается специальный откидной помост (рис. 2.40), с которого производятся отсчеты термометров. Этот помост располагается

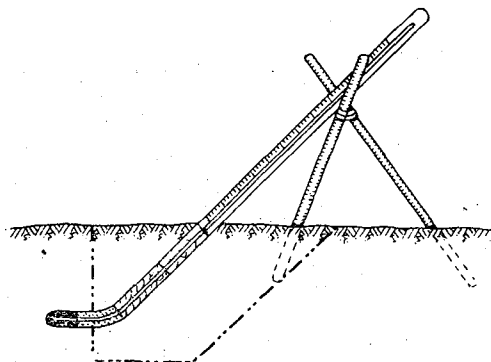


Рис. 2.39. Установка коленчатого термометра (Савинова).

с северной стороны установленного ряда вытяжных термометров на расстоянии 30 см от них на одном уровне с верхними концами труб вытяжных термометров или немного ниже их. После

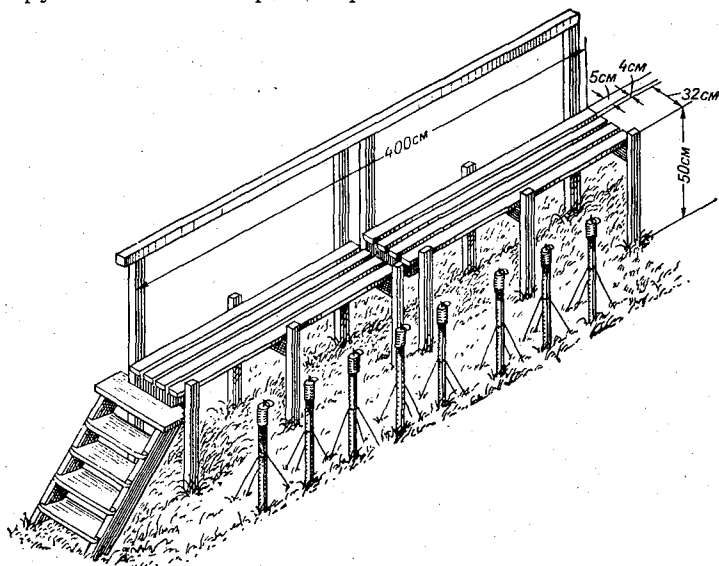


Рис. 2.40. Установка почвенных вытяжных термометров.

отсчетов доска помоста откидывается и устанавливается вертикально.

Необходимо следить, чтобы в трубах не было воды, которая может попасть в них через трещины. Для контроля термометр

в нижней части обертывают куском промокательной бумаги и привязывают ее ниткой. Затем, опустив на некоторое время термометр в трубу, вынимают его и смотрят, нет ли воды на промокательной бумаге. В случае появления трещин в трубе ее необходимо вынуть, замазать трещины менделеевской замазкой и, обернув плотно изоляционной лентой, прокрасить сверху масляной краской.

С течением времени медные опилки, окружающие резервуар вытяжного термометра, постепенно слеживаются, уплотняются и оказывают давление на резервуар термометра. Вследствие этого точка нуля вытяжного термометра может смещаться (повышаться) больше, чем у других термометров.

При проверке точки нуля термометры не вынимают из оправ, а только снимают с палок. Вытяжные термометры вместе с оправой устанавливают в снег (тающий скобленный лед), закрывая снегом и оправу. Спустя час, не вынимая термометра из снега, очищают часть шкалы около  $0^{\circ}$  и производят отсчет точки нуля.

**Монтаж установки М-54 и М-54-1М на метеорологической станции.** Все термометры помещаются на площадке с естественным покровом<sup>1</sup>.

Для установки термометров на глубинах 2, 5, 10, 15, 20 и 40 см на участке делается выемка длиной 40 см, шириной 25—30 см и глубиной 40 см с одной строго вертикальной стенкой, обращенной к югу. В выемке с помощью стерженька подготавливают шесть горизонтальных отверстий для термометров. Термометры вставляются в углубления, граница выемки отмечается колышками, и выемка засыпается ранее выбранной из нее почвой. Вокруг гильз термометров не должны оставаться пустоты.

Соединительный кабель от каждого термометра должен на протяжении не менее 30 см укладываться горизонтально на одной глубине со своим термометром (на 2, 5, 10, 15 и 40 см).

Термометры для наблюдений над температурой на глубинах 60, 80, 120, 160 и 320 см устанавливаются вертикально в скважинах, подготовленных почвенным буром, на площадке с естественной травяной растительностью. Для каждого термометра делается отдельная скважина. Скважины должны располагаться по линии восток—запад на расстоянии 50 см одна от другой; каждый термометр опускается на дно скважины (на соответствующую глубину) с помощью какого-либо стержня или штанги от бура. Для того чтобы протолкнуть термометры до дна скважины, кабель у термометра привязывается нитками к небольшому деревянному бруску, в который упирается штанга. После погружения термометра штанга убирается.

---

<sup>1</sup> До 1966 г. термометры на глубинах до 40 см устанавливались на участке, оголенном от растительности.



Кабель на всем протяжении до места ввода его в помещение нужно зарыть в землю на глубину не менее 20 см. Измерительный пульт устанавливается в помещении на столе в хорошо освещенном месте.

Уход за установками М-54-1М и М-54 заключается в своевременной смене батарей питания, поддержании оголенного участка с установленными термометрами в таком же состоянии, как и для коленчатых термометров.

Периодически (один-два раза в год) рекомендуется прочищать контакты переключателей. Для этого нужно отключить измерительный пульт от кабелей, вывернуть четыре винта, крепящие панель пульта к ящику, и вынуть за ручку переключателей панель вместе с монтажом. Положив панель лицевой стороной вниз, можно осмотреть монтаж и переключатели моста. Контакты переключателей следует прочистить жесткой кисточкой. Особенно тщательно необходимо удалить металлическую пыль из зазоров между контактными пластинами переключателей, которая может образоваться вследствие изнашивания контактных пластин. При загрязнении пластин переключателей можно промыть их спиртом-ректификатом и затем смазать тонким слоем бескислотного вазелинового масла.

В случае когда показания прибора почему-либо вызывают сомнение или при включении одного из термометров стрелка гальванометра уходит за пределы шкалы, нужно проверить исправность измерительного моста, штепсельных разъемов и самих термометров.

Если термометр вышел из строя, его следует заменить запасным. Для этого провод, идущий от основного кабеля к термометру, нужно отрезать в 10—20 см от места разветвления кабеля, зачистить концы и припаять новый термометр. Место пайки необходимо тщательно обернуть изоляционной лентой, а сверху дополнительно промазать резиновым клеем. Оболочку кабеля в месте пайки также необходимо обмотать изоляционной лентой и 2—3 раза промазать резиновым клеем, просушивая после каждого раза.

Затем новый термометр помещают в почву вместо выбывшего из строя. При вычислении температуры в дальнейшем следует пользоваться поправками вновь установленного термометра.

Контроль исправности отдельных термометров осуществляется только путем анализа распределения температуры по глубинам на основании средних декадных и средних месячных значений. Повторные проверки термометров производить не рекомендуется из-за трудностей извлечения термометров из почвы. Однако в каждом случае, когда возникает необходимость извлечь термометры, их следует поверить в точке 0°, поместив в тающий лед или снег.

**Мерзлотомер.** Этот прибор предназначен для измерения глубины промерзания почвы. Определение глубины промерзания почвы пробным бурением является тяжелым и трудоемким методом. Поэтому простой по устройству и в обращении мерзлотомер получил широкое распространение, несмотря на некоторые его недостатки. Мерзлотомер (рис. 2.41) состоит из водонепроницаемой эбонитовой или пластмассовой трубки 1 (подобной

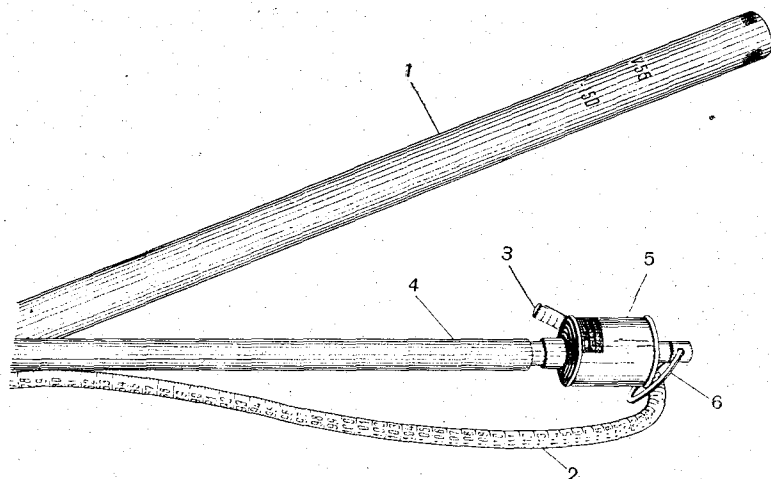


Рис. 2.41. Мерзлотомер.

трубам для вытяжных термометров) с наконечником и резиновой трубки 2, закрытой снизу пробкой 3, а сверху надетой и закрепленной на палке 4. Трубка 2 заполняется водой. Для заполнения трубки 2 следует использовать почвенную воду, взятую вблизи места установки мерзлотомера. На поверхности резиновой трубки наносится сантиметровая шкала. Внутри резиновой трубки натянуты нити, которые мешают перемещению льда в трубке при его образовании. На палке укреплен колпачок 5, который закрывает трубку 1, предохраняя ее от попадания осадков.

Мерзлотомер устанавливается таким образом, чтобы нуль шкалы на резиновой трубке приходился на уровне поверхности почвы. Предполагается, что вода в трубке замерзает до уровня промерзания почвы.

Наблюдения по мерзлотомеру начинаются с момента наступления заморозков и ведутся всю зиму до полного оттаивания почвы. При определении глубины промерзания почвы резиновую трубку 2 вытягивают за кольцо 6 из трубки 1 и двумя пальцами прощупывают трубку сверху вниз, определяя нижнюю границу

столбика льда в трубке; деление шкалы на поверхности трубки, совпадающее с этой границей, указывает глубину залегания слоя мерзлоты в почве. При этом, естественно, предполагается, что распределение температуры в почве такое же, как в мерзлотометре, и что точка замерзания почвенной воды и воды в мерзлотометре одна и та же (поэтому и рекомендуется заполнение мерзлотометра почвенной водой). Для большинства почв измерения глубины промерзания этим мерзлотометром дают вполне удовлетворительные результаты. Контрольные бурения в основном подтверждают данные, получаемые с помощью мерзлотометра. В ряде районов, где почва при температуре ниже  $0^{\circ}$  из-за отсутствия в ней воды не приобретает строения, характерного для промерзшей почвы (например, сухой песок), мерзлотометр Данилина не следует применять. Недостаточно хорошие результаты измерений по мерзлотометру получаются и в тех случаях, когда в почве значительно меняется содержание солей.

## ГЛАВА 3

### ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

В метеорологии атмосферное давление принято выражать в миллибарах (мб):

$$1 \text{ мб} = 10^{-3} \text{ бар} = 10^3 \text{ дин/см}^2 = 10^2 \text{ н/м}^2.$$

Часто атмосферное давление выражают в миллиметрах высоты ртутного столба, создающего давление, равное атмосферному:

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 1 \text{ торр} = 1,33 \text{ мб (точнее, } 1,3332 \text{ мб)},$$

$$1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм (точнее, } 0,7506 \text{ мм)}.$$

#### Методы измерения атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления в метеорологии используют главным образом барометры с жидкостями (ртутные барометры), действующие на основании законов гидростатики, и anerоиды, или металлические барометры, основанные на упругих свойствах твердых тел; изредка используются также гипсотермометры (термобарометры), основанные на зависимости точки кипения жидкости от внешнего давления.

#### Барометры с жидкостями

Барометр был изобретен в 1643 г. итальянским математиком и физиком Эванджелиста Торричелли (1608—1647 гг.). Это изобретение было связано с опытами, которые он проводил для доказательства существования атмосферного давления. Сущность этого опыта состояла в том, что он брал стеклянную трубку длиной около 90 см, запаянную с одного конца и наполненную ртутью, и погружал ее открытым концом в чашку с ртутью, ртуть в трубке опускалась, но в ней оставался столб ртути длиной около 76 см.

Очевидно, что оставшийся в трубке столб ртути уравновешивал давление атмосферного воздуха. Действительно, на поверх-

ность ртути  $a-b$  в чашке (рис. 3.1) давит атмосферный воздух, а на равную ей поверхность  $a_1-b_1$ , прикрытую запаянной вверх трубкой, давит только столб ртути, так как над ним при его опускании образовался вакуум, а атмосферное давление сверху воспринимает запаянный конец трубки.

Ртутные барометры могут быть трех систем: чашечные, сифонные и сифонно-чашечные. На рис. 3.2 схематически изображены все три системы барометров. Практически изготавливаются только чашечные и сифонно-чашечные барометры.

В любом барометре измерение атмосферного давления сводится к определению высоты (длины) столба жидкости  $H$  с точностью до десятых, а в некоторых барометрах до сотых долей

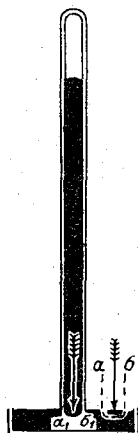


Рис. 3.1. Схема чашечного барометра.

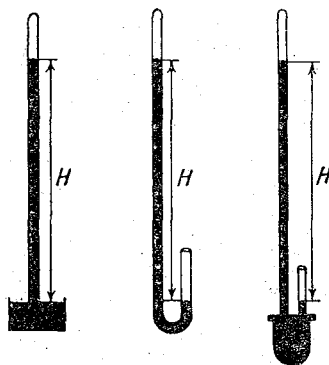


Рис. 3.2. Типы жидкостных барометров.

миллиметра (шкала барометра чаще градуируется в миллиба-рах). Такая точность измерения обеспечивается применением точных шкал и нониусов, а также путем строгого соблюдения определенных правил измерения.

**Станционный чашечный барометр с компенсированной шкалой.** Общий вид этого барометра показан на рис. 3.3. Стеклянная запаянная с верхнего конца трубка 4 с внутренним диаметром 7,2 мм и длиной около 800 мм укреплена нижним открытым концом в крышке пластмассовой или чугунной чашки 8 при помощи шайбы 9 с винтовой нарезкой. Чашка 8 (рис. 3.3 б) состоит из трех свинчивающихся частей. Средняя часть имеет диафрагму 10 с отверстиями. Диафрагма служит для исключения возможности резких колебаний ртути, при которых в барометрическую трубку может попадать воздух. Кроме того,

диафрагма занимает некоторый объем в чашке, тем самым уменьшая необходимое количество ртути. Трубка и чашка наполняются дистиллированной ртутью. Воздух из трубки до заполнения ее ртутью откачивается до  $10^{-3}$ — $10^{-4}$  ммб. Барометр сообщается с окружающим атмосферным воздухом через отверстие в крышке чашки, закрывающееся винтом 7 с кожаной шайбой.

Измерение высоты ртутного столба в стеклянной трубке производится по шкале, нанесенной с левой стороны на латунной защитной оправе 6 (рис. 3.3 а, в). Шкала нанесена не вдоль всей барометрической трубки, а лишь в ее верхней части, причем нуль шкалы совпадает с уровнем ртути в чашке. Шкала наносится вдоль края у сквозного вертикального прореза защитной оправы барометра. Сквозной прорез позволяет видеть мениск ртутного столба в стеклянной трубке. В этом же прорезе при помощи кремальеры 3 движется кольцо с укрепленным на нем нониусом 2,

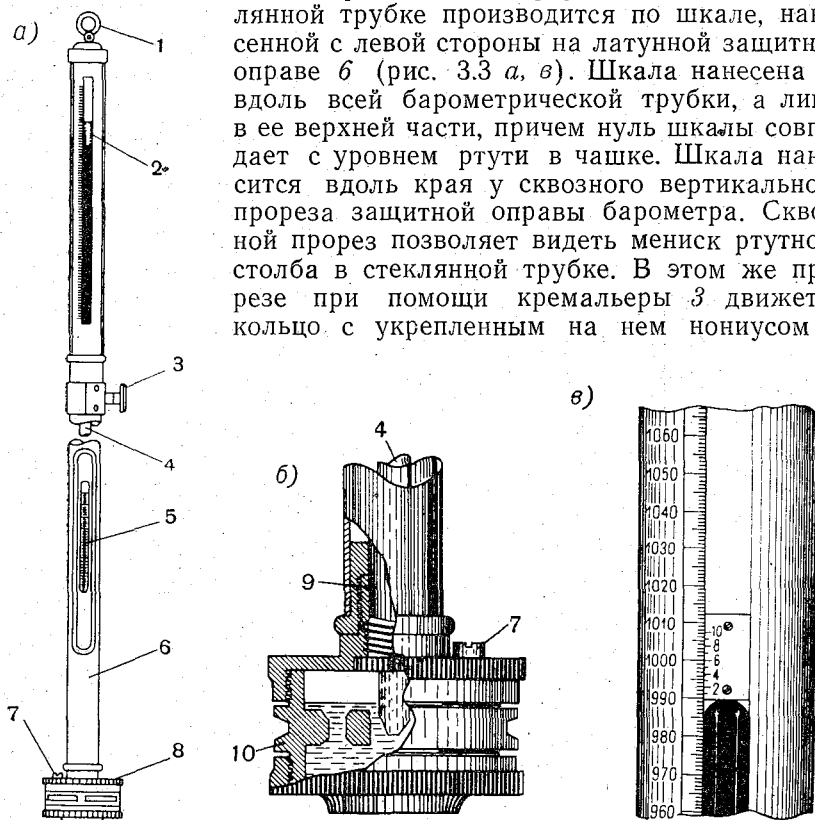


Рис. 3.3. Станционный чашечный барометр.

нижний край которого служит индексом для наводки на мениск ртутного столба. Такое приспособление дает возможность при отсчетах правильно установить глаз — так, чтобы он находился на одной линии со срезами передней и задней частей кольца (рис. 3.4 а).

Нониус станционного чашечного барометра (рис. 3.3 в) устроен так, что 10 его делений равны 19 делениям шкалы барометра. Это позволяет производить отсчеты с точностью до де-

сятых долей деления шкалы (миллибара или миллиметра); номер деления нониуса, совпадающего с каким-либо делением шкалы, дает число десятых долей деления шкалы.

Для определения температуры барометра служит термометр 5 (рис. 3.3 а), укрепленный в прорези защитной оправы барометра. Цена деления термометра  $1,0^\circ$ , но отсчитывать температуру следует с точностью до  $0,1^\circ$ .

При измерении атмосферного давления барометр подвешивают на крюке с винтом, прилагаемом к каждому барометру. Для подвешивания барометра в верхней части оправы имеется кольцо 1.

Измерение давления с помощью барометров этой системы позволяет ограничиваться лишь отсчетом положения столбика ртути в стеклянной трубке, не делая отсчета положения ртути в чашке, несмотря на то что уровень ртути в чашке при изменении давления меняется.

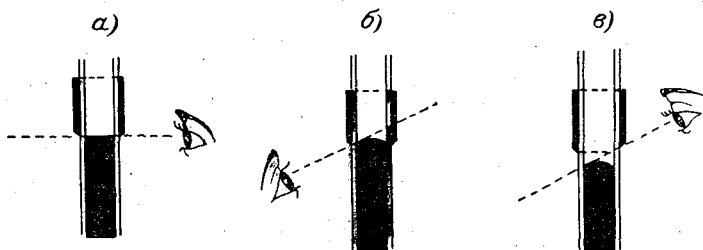


Рис. 3.4. Положение глаза при отсчете по барометру.

а — правильное, б — низкое, в — высокое.

Такое упрощение производства измерений возможно потому, что в чашечном барометре применена компенсированная шкала. Расчет такой шкалы сделан на основании следующих соображений. При изменении давления в барометре происходит изменение уровней ртути в трубке и чашке и связанное с этим перемещение некоторого количества ртути из трубки в чашку (или наоборот). Соотношение изменений уровней ртути в трубке и чашке (исходя из равенства переместившихся объемов) будет обратно пропорционально соотношению площадей их поперечного сечения. Для барометров, выпускаемых отечественными заводами, это соотношение равно 0,02. Таким образом, при изменении атмосферного давления на единицу длина столба ртути в барометре изменится на величину  $H_1 - H_2$  (рис. 3.5) за счет изменения в трубке на величину  $y$  и в чашке на  $x$ , т. е.  $x + y = H_1 - H_2 = 1$ ; так как  $x = 0,02 y$ , то  $0,02 y + y = 1$  и с достаточной точностью  $y = 0,98$ .

Следовательно, на компенсированной шкале должны быть нанесены деления, составляющие 0,98 части выбранной единицы измерения давления. У стационарных барометров с миллиметровой шкалой длина деления равна 0,98 мм, а с миллибаровой шкалой — 0,735 мм.

Производство отсчетов по стационарному барометру при измерении атмосферного давления.

1. Отсчитывают температуру по термометру с точностью до десятых долей градуса, определяя последние на глаз.

2. Слегка постукивают пальцем по защитной трубке барометра, чтобы нарушить сцепление ртути со стенками трубки и чтобы мениск ртути в барометрической трубке принял бы нормальную форму.

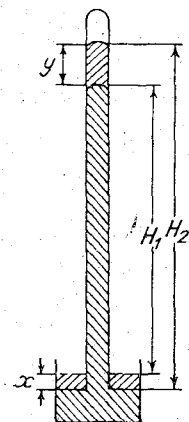


Рис. 3.5.

3. Подводят нониус сверху до момента кажущегося касания его срезов вершины мениска ртути в барометрической трубке. При этом глаз должен находиться на линии, проходящей через передний и задний срезы кольца нониуса.

4. Отсчитывают показания барометра.

При систематических наблюдениях полезно после отсчета не сбивать положение нониуса. Это дает возможность проверить предыдущие измерения и тем самым исключить грубые просчеты.

Правила перевозки стационарного барометра. При перевозке или переноске барометра требуется строго соблюдать правила обращения с ним, которые рекомендуются выполнять в такой последовательности:

1. На крышке чашки барометра завинтить винт 7 (рис. 3.3).

2. Осторожно снять барометр с подвешного крюка.

3. Плавно наклонить барометр настолько, чтобы ртуть заполнила всю барометрическую трубку. При этом необходимо прислушиваться к звуку, который получается при ударе ртути о верхний запаянный конец барометрической трубки. Если звук резкий, высокий, металлический, это значит, что в трубке барометра нет воздуха. В противном случае звук будет приглушенный, низкий, потому что воздух в трубке служит амортизатором. Наклонять барометр следует осторожно, так как при резком ударе ртути в запаянный конец трубки барометрическая трубка может разбиться.

4. Перевернуть барометр чашкой вверх, не задерживая его в горизонтальном положении.

5. Уложить барометр в футляр, который предварительно располагается так, чтобы при укладке чашка барометра лежала на 5—10 см выше верхнего конца барометрической трубки.



Переносить барометр следует так, чтобы его чашка была всегда выше запаянного конца барометрической трубки.

При перевозках ртутных барометров в собранном виде на далекое расстояние применяются специальные мягкие подушки, надеваемые на концы футляра, в который укладывается барометр (рис. 3.6). Подушка, надеваемая на конец футляра, в котором находится чашка барометра, делается несколько больших размеров, чем подушка, надеваемая на другой конец футляра, благодаря чему упакованный барометр, положенный на горизонтальную поверхность, окажется в наклонном положении и его чашка будет находиться выше запаянного конца барометрической трубки.

**Горный барометр.** Обычный стационарный барометр не пригоден для измерения давления на высокогорных станциях, где давление атмосферы может оказаться меньше нижнего предела шкалы барометра. На таких метеорологических станциях давление атмосферы измеряют с помощью горных барометров.

Горный барометр чашечный с компенсированной шкалой отличается от обычного чашечного стационарного барометра укороченной барометрической трубкой и соответственно укороченной оправой. Пределы шкалы горного барометра от 500 до 870 мм. Однако в зависимости от эксплуатационных требований горные барометры изготавливаются и с другими пределами.

Правила эксплуатации и перевозки горного барометра такие же, как и для стационарного.

**Сифонно-чашечный барометр контрольный.** Устройство этого барометра показано на рис. 3.7.

Стеклоянная барометрическая трубка 12 (рис. 3.7 б) в верхней своей части имеет диаметр около 14 мм. Эта часть составляет  $\frac{1}{3}$  всей длины трубки 1; остальные  $\frac{2}{3}$  значительно тоньше. Тонкая часть трубки изогнута в месте сужения в сторону от верхней части и спаяна при помощи стеклянного баллона 13 со второй короткой трубкой 14 таким образом, что верхняя широкая часть трубки 12 расположена соосно с трубкой 14. Трубка 14 в своей нижней рабочей части должна иметь такой же диаметр, как рабочая часть трубки 12, поэтому их делают из одного и того же отрезка трубки.

Нижние концы трубок 12 и 14 вмонтированы в железный конус 15, который вставляется в чашку 16 и закрепляется в ней.

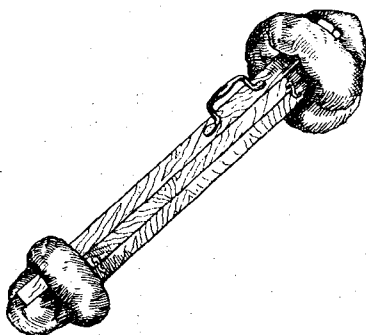


Рис. 3.6. Упаковка барометра для перевозки.

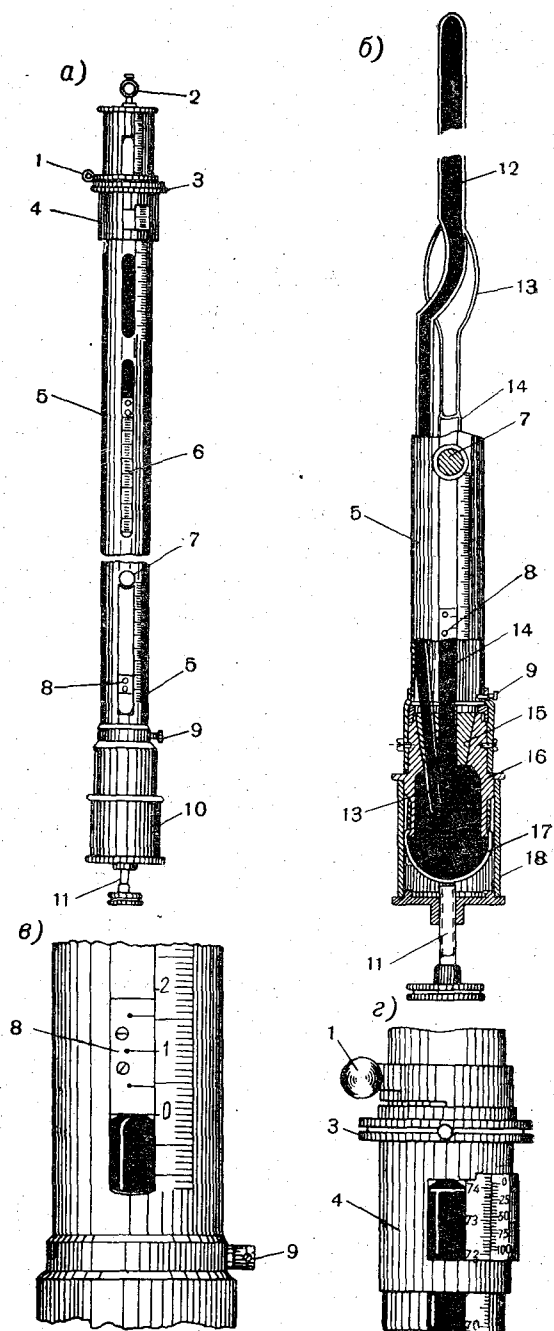


Рис. 3.7. Контрольный барометр.

Трубка 12 является длинным коленом барометра, трубка 14 — коротким. Короткое колено барометра в верхней своей части имеет цилиндрический прилив с отверстием. На приливе укреплен ниппель, закрывающийся колпачком 7, с кожаной прокладкой. Обе стеклянные трубки вставлены в оправу барометра 5 (латунная трубка), соединяющуюся с чашкой 16. В оправе имеются сквозные прорезы, через которые видны столбики ртути в верхнем и нижнем коленях барометра. На правом крае прорезей оправы нанесена шкала. Деления шкалы нанесены внизу у нижней прорези от 0 до 130 ммб, у верхней прорези от 850 до 1070 ммб. В нижней прорези устанавливается индекс 8 (рис. 3.7 в), соединенный с кольцом, которое крепится к оправе винтом 9 таким образом, чтобы нижний срез индекса 8 был установлен строго против нулевого деления шкалы. Поэтому после установки индекса винт 9 трогать нельзя, так как это может привести к смещению индекса 8 и изменить инструментальную поправку барометра. Дном чашки 16 служит мешок 17 из лайки, нижняя часть мешка 17 с помощью винта 11, ввинчивающегося в дно защитного цилиндра 10, может перемещаться вверх и вниз, меняя уровень ртути в обоих коленях барометра.

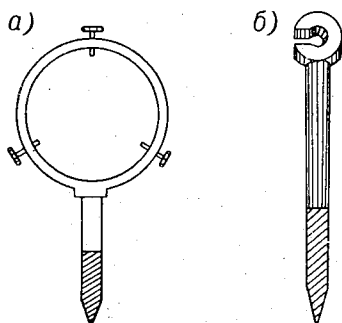


Рис. 3.8. Установочное кольцо (а) и подвесной крюк (б).

В средней части оправы барометра установлен термометр 6 (рис. 3.7 а). На оправе у верхней прорези имеется подвижная муфта 4 с прорезью, у правого края которой укреплен нониус с 20 делениями на шкале. С помощью нониуса отсчет по шкале барометра может производиться с точностью до 0,05 ммб. Муфта 4 состоит из нескольких частей, подвижных относительно друг друга. Верхняя часть ее может быть закреплена винтом 1 на любом участке оправы барометра у верхней прорези, что позволяет произвести грубую установку среза нониуса у мениска ртути, нижняя часть может перемещаться вверх и вниз относительно верхней части муфты при помощи микрометричного кольца 3; что позволяет точно установить срез кольца (нуль нониуса) на вершину мениска ртути.

Барометр подвешивается за кольцо 2 на особом крюке, который ввинчивается в стену (рис. 3.8 б). Чашка барометра пропущается в кольцо, также ввинченное в стену. При помощи трех винтов, имеющих в кольце (рис. 3.8 а), барометр устанавливается строго вертикально. Проверка вертикальности установки барометра осуществляется с помощью отвеса, подвешиваемого рядом с барометром, в двух взаимно перпендикулярных

плоскостях. При этом защитная трубка барометра должна быть расположена параллельно отвесу.

Значение атмосферного давления с помощью этого барометра определяется по высоте столба ртути, равной разности уровней ртути в длинном и коротком коленях барометра.

На точность показаний контрольного барометра не влияют нецилиндричность трубки и некоторое изменение количества ртути в чашке. Важное значение имеет правильная установка нижнего индекса 8 (рис. 3.7 а, б). Для точной установки индекса 8 на пластинке индекса сделаны три штриха. При совпадении нижнего среза пластинки индекса с нулем шкалы, нанесенной на защитной трубке, штрихи эти должны располагаться так, чтобы средний штрих точно совпадал с делением шкалы, обозначенным цифрой 1 (10 мм), а два боковых штриха были бы одинаково смещены относительно штрихов на шкале, обозначенных 5 и 15 мм.

✓ **Барометр инспекторский сифонно-чашечный.** Барометр этой конструкции ввиду его прочности и постоянства инструментальной поправки более других ртутных барометров пригоден для перевозки, поэтому он широко используется в качестве инспекторского барометра.

Инспекторский барометр (рис. 3.9) состоит из стального резервуара 15 для ртути, в крышку которого вставлены две стеклянные трубки. Правая барометрическая 14 — длинная (около 86 см) с запаянным верхним концом, левая трубка 1 — короткая. В верхнем конце трубки 1 укреплен металлический кран 2, который открывается при наблюдениях для сообщения барометра с окружающим воздухом.

Положение крана определяется по риску на пробке крана. Если риска пробки совпадает с буквой О, нанесенной на корпусе крана, значит, кран открыт — барометр сообщается с внешним воздухом; если риска совпадает с буквой З, нанесенной на корпусе крана, значит, кран закрыт — барометр не сообщается с внешним воздухом. Трубки 14 и 1 заключены в металлическую оправу. Оправа состоит из трубок 11 и 3, скрепленных муфтами 13, 12 и 10 и головкой 5. Трубки-оправы 11 и 3 имеют сквозные прорези. Вдоль прорези трубки 11 с правой стороны нанесена миллибаровая шкала. Нулевое деление шкалы находится несколько выше нижнего края прорези трубки 11; шкала имеет два участка: нижний участок от 0 до 130 мм и верхний — от 550 до 1070 мм.

Муфта 13 устанавливается так, что ее нижний срез совпадает с нулевым делением шкалы. Срез муфты 13 служит при измерении давления нулевым индексом.

Чашка 15 барометра имеет диафрагму 20 и эластичное дно в виде мешка 16 из лайки. На чашку навинчивается цилиндр 17, через дно которого в резьбовом отверстии проходит винт 18 со

свободно вращающимся диском 19. Вращая винт, поднимают или опускают дно мешка 16, тем самым меняя уровни ртути

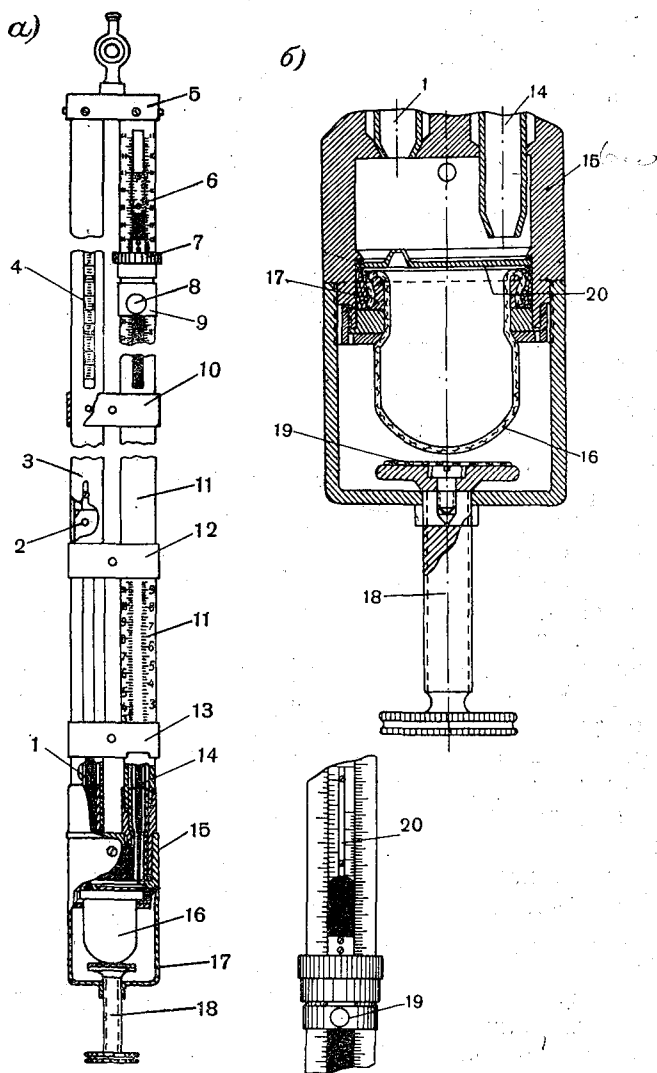


Рис. 3.9. Инспекторский барометр.

в обоих коленах барометра. В верхней части трубки 3 находится термометр 4. На трубке-оправе 11 у прорези перемещается муфта 9, которая устроена так же, как и в контрольном

барометре. Она закрепляется при помощи винта 8, после чего нониус 6 может в небольших пределах плавно перемещаться для точной наводки с помощью микрометричного кольца 7. Шкала нониуса имеет 20 делений и обеспечивает возможность отсчета с точностью 0,05 ммб.

Правила установки инспекторского барометра и порядок работы с ним такие же, как и контрольного барометра. Так как инспекторский барометр применяется главным образом при инспекции метеорологических станций, то им иногда приходится пользоваться при измерении атмосферного давления и в высокогорных районах, где атмосферное давление низкое. Для этого в инспекторских барометрах имеется дополнительная (третья) муфта (индекс) 12, расположенная выше муфты 13. Муфтой 12 пользуются при определении низких значений атмосферного давления, подводя уровень ртути к ней, а не к муфте 13. При поверке барометра его инструментальную поправку определяют отдельно при установке уровня ртути по муфте 13 и по муфте 12.

Правила производства измерений с помощью сифонно-чашечных барометров (см. рис. 3.7).

1. Отсчитывают показания термометра при барометре (с точностью до 0,1°).

2. Отвинчивают на 1—2 оборота колпачок (или открывают кран) короткого колена, сообщая его с атмосферой.

3. Плавным вращением винта 11, на который опирается кожаное дно чашки барометра, подводят ртуть в коротком колене до уровня нижнего среза индекса (см. рис. 3.4 а). При подводке ртути к срезу индекса необходимо, чтобы последнее движение винта было на поднятие ртути. Если при наводке ртуть будет поднята слишком высоко, то следует ее опустить ниже среза и снова подвести к нему. Этим обеспечивается постоянство формы менисков ртути (и сил капиллярного давления) в барометрической трубке.

4. Делают наводку среза индекса подвижного кольца с нониусом в верхнем колене барометрической трубки, соблюдая при этом правила наводки, указанные при описании чашечного барометра.

5. Проверяют правильность и неизменность установки столбика ртути по нижнему индексу.

Если при проверке этой установки окажется, что столбик ртути изменил свое положение, то необходимо исправить подводку по нижнему индексу и снова сделать установку по верхнему.

6. Отсчитывают показания по шкале барометра.

7. Опускают ртуть в коротком колене настолько, чтобы она не была видна в прорези. Это делается для того, чтобы

барометрическая трубка короткого колена барометра не покрывалась окислами ртути в своей рабочей части.

8. Закрывают колпачок 7 короткого колена.

Правила перевозки сифонно-чашечного барометра (см. рис. 3.7).

1. Отвинчивают и снимают колпачок 7 короткого колена барометра.

2. Плавным вращением нижнего винта 11 осторожно поднимают ртуть в коротком колене до тех пор, пока она не покажется в отверстии ниппеля крана короткого колена (при этом следует подводить ртуть весьма плавно, чтобы не уронить каплю ртути, показавшейся в отверстии). Хотя некоторая потеря ртути и не повредит показаниям барометра, однако пролитая ртуть может в дальнейшем попасть на шкалу барометра, что вызовет амальгамирование, а затем и разрушение защитной трубки.

3. При появлении капли ртути в отверстии крана короткого колена его закрывают, навинчивая вплотную колпачок 7.

4. Снимают барометр с подвеса, предварительно опустив в нижнем кольце крепления установочные винты.

5. Плавным движением поворачивают барометр чашкой вверх, наблюдая при этом, чтобы короткое колено во время поворота было над длинным. Для этого следует держать барометр колпачком 7 к себе и поворачивать барометр так, чтобы его верхний конец двигался против часовой стрелки.

Перевернув барометр, укладывают его в ящик, который должен быть предварительно установлен так же, как и при укладке чашечного барометра.

6. Уложив барометр в ящик, следует отвернуть винт 11 на полоборота. Это делается для того, чтобы дать возможность свободно расширяться ртути при возможном повышении температуры барометра.

Стеклянная барометрическая трубка сифонно-чашечного барометра легко ломается при малейшем ударе, а иногда даже при резком перемещении барометра, поэтому перевозка барометра требует особой осторожности.

При перевозке инспекторского барометра следует, так же как и у контрольного барометра, поднять ртуть в коротком колене так, чтобы капля ее показалась в отверстии, находящемся в задней стороне крана. В момент появления капли необходимо сразу запереть кран 2 (рис. 3.9), после чего барометр снимают и переворачивают по тем же правилам, что и для других барометров.

Инспекторский барометр обыкновенно перевозят в деревянном футляре, который помещается в парусиновом чехле с ремнем для переноски барометра за плечами.

## Ошибки, возможные при измерении атмосферного давления ртутными барометрами, и введение поправок

На показания ртутных барометров, кроме атмосферного давления, оказывает влияние ряд других факторов, как-то: температура барометра, сила тяжести в точке установки барометра и некоторые другие. Правильная постановка измерений давления с помощью ртутных барометров позволяет учесть погрешности, вызываемые этими факторами, и исключить их непосредственно или путем введения поправок.

Рассмотрим характер воздействия некоторых физических факторов на показания ртутных барометров и способы исключения возникающих при этом погрешностей.

**Зависимость показаний барометра от температуры и приведение показаний барометра к нормальной температуре.** Высота столба ртути, уравнивающего атмосферное давление, при прочих равных условиях может изменяться в зависимости от плотности ртути, которая меняется с изменением температуры ртути. Когда измеряют давление по высоте ртутного столба, принимают, что ртуть имеет плотность  $d_0 = 13,595 \text{ г/см}^3$ , соответствующую температуре  $0^\circ$ . Изменение температуры сказывается также на размерах металлической шкалы барометра, по которой измеряется высота столба ртути. Поддерживать барометр при  $0^\circ$  в условиях метеорологической станции практически невозможно и нецелесообразно, гораздо проще вычислять температурную поправку.

Пусть столб ртути в барометре, имеющей температуру  $t$ , высоту  $h_t$  и плотность  $d_t$ , уравнивает атмосферное давление. Это же давление может быть уравновешено столбом ртути при  $0^\circ$  высотой  $H_0$  и плотностью  $d_0$ . Очевидно, что оба столба оказывают равное давление (при равной площади сечения имеют равный вес), т. е.

$$h_t d_t g = H_0 d_0 g,$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести, откуда

$$\frac{H_0}{h_t} = \frac{d_t}{d_0}.$$

Плотность ртути при температуре  $t$  может быть выражена через плотность ее при  $0^\circ$ :

$$d_t = \frac{d_0}{1 + \alpha t},$$

где  $\alpha$  — температурный коэффициент объемного расширения ртути.



Таким образом,

$$\frac{H_0}{h_t} = \frac{d_0}{d_t(1 + \alpha t)},$$

откуда получаем

$$\frac{H_0}{h_t} = \frac{d_0}{d_t(1 + \alpha t)}. \quad (3.1)$$

Длина ртутного столба измеряется по шкале, нанесенной на латуни; ее длина и размер каждого деления также меняются с изменением температуры. Отсчет по этой шкале  $H_t$  дает заниженные значения, когда температура шкалы выше  $0^\circ$ , и, наоборот, поэтому действительная высота столба равна

$$h_t = H_t(1 + \beta t),$$

где  $\beta$  — температурный коэффициент линейного расширения латуни.

Подставляя полученное значение  $h_t$  в (3.1), находим

$$H_0 = H_t \left( \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t} \right).$$

Вычитая из левой и правой частей последнего равенства  $H_t$ , получаем выражение для поправки  $\Delta H_t$ , исключающей погрешность измерения давления, вызванную воздействием температуры на барометр:

$$\Delta H_t = H_0 - H_t = \frac{H_t(1 + \beta t)}{1 + \alpha t} - H_t,$$

откуда

$$\Delta H_t = -H_t \frac{(\alpha - \beta)t}{1 + \alpha t};$$

подставляя значения  $\alpha = 18,18 \cdot 10^{-7}$  и  $\beta = 1,84 \cdot 10^{-7}$ , получаем

$$\Delta H_t = -H_t \frac{16,34 \cdot 10^{-7} t}{1 + 18,18 \cdot 10^{-7} t} \quad (3.1a)$$

или приближенно

$$\Delta H_t = -16,34 \cdot 10^{-7} H_t t.$$

Эта формула позволяет приводить показания ртутных барометров (с латунной шкалой) к их показанию при  $0^\circ$ , т. е. к нормальным температурным условиям. Для этой цели обычно пользуются таблицей, в которой дается вычисленная поправка для различных  $H_t$  и  $t$ . Знак поправки зависит от знака  $t$ : для  $t > 0$  она отрицательная, для  $t < 0$  она положительная.

**Влияние ускорения силы тяжести и приведение показаний барометра к нормальному ускорению силы тяжести.** Равные по высоте и плотности столбы ртути, помещенные в различных точках земного шара, окажут различное давление (будут иметь различный вес) из-за того, что ускорение силы тяжести  $g$  меняется с географической широтой и высотой над уровнем моря. Так как вычисление ускорения силы тяжести для любой точки земного шара весьма затруднительно, при измерении давления силу тяжести в данном месте обычно выражают через силу тяжести на широте  $45^\circ$  и на уровне моря.

Поэтому давление на любой широте и высоте приводится к показаниям барометра на широте  $45^\circ$  и на уровне моря.

Поправка, вводимая в показания барометра на силу тяжести, делится на две части: 1) поправку на силу тяжести, зависящую от широты места наблюдений, и 2) поправку на силу тяжести, зависящую от высоты места наблюдения над уровнем моря.

1. Поправка на силу тяжести в зависимости от широты места наблюдения. Сила тяжести (ускорение силы тяжести) меняется с широтой места главным образом из-за изменения с широтой центробежной силы, возникающей благодаря участию всех тел в суточном вращении земного шара вокруг своей оси. Наибольшая центробежная сила возникает у всех тел на экваторе. Эта сила всегда направлена против силы тяжести. Поэтому ускорение силы тяжести на экваторе ( $\varphi=0$ ) имеет наименьшее значение ( $g_0=9,7805 \text{ м/сек}^2$ ), на полюсе ( $\varphi=90^\circ$ ) центробежная сила отсутствует, а ускорение силы тяжести максимальное ( $g_{90}=9,8325 \text{ м/сек}^2$ ). На широте  $\varphi=45^\circ$

$$g_{45}=9,8065 \text{ м/сек}^2.$$

Для любой другой широты  $\varphi$  ускорение силы тяжести  $g$  можно выразить через ускорение силы тяжести на широте  $45^\circ$   $g_{45}$  с помощью выражения

$$g_\varphi = g_{45}(1 - 0,00265 \cos 2\varphi).$$

Так как высота барометрического столба ртути обратно пропорциональна силе тяжести, а следовательно, и ускорению, то

$$H_{45} = H_\varphi(1 - 0,00265 \cos 2\varphi). \quad (3.2)$$

По формуле (3.2) может быть определена высота ртутного столба, который уравнивал бы на широте  $45^\circ$  атмосферное давление, равное измеряемому на любой широте  $\varphi$ .

Для величины поправки  $0,00265 H_\varphi \cos 2\varphi$  составлена таблица, которой пользуются на практике. Знак этой поправки в формуле (3.2) определяется знаком  $\cos 2\varphi$ , а именно от 0 до

45° поправка будет отрицательная, а от 45 до 90° — положительная.

2. Поправка на силу тяжести в зависимости от высоты места наблюдения. Сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния притягивающихся масс, поэтому сила тяжести по мере поднятия тела над поверхностью земли должна уменьшаться. Отсюда следует, что длина барометрического столба при одном и том же внешнем давлении будет на разных высотах неодинакова; по мере поднятия вверх при том же давлении длина ртутного столба в силу уменьшения силы тяжести будет увеличиваться.

Изменение длины барометрического столба при этом будет, правда, незначительным. Все же для того, чтобы результаты наблюдений по ртутным барометрам, установленным на станциях с различными высотами, были сравнимыми между собой, приводят длину каждого барометрического столба к условиям силы тяжести на уровне моря. Приближенный расчет поправки для этого приведения можно сделать следующим образом.

Считая, что Земля имеет форму шара, найдем для двух точек (одной на уровне моря, а другой на высоте  $h$ ) силы притяжения соответственно их расстоянию от центра Земли ( $R$  и  $R+h$ ), а следовательно, и ускорения как величины, обратно пропорциональные квадратам расстояния:

$$\frac{g_h}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}, \quad (3.3)$$

где  $g_h$  — ускорения силы тяжести на высоте  $h$ ,  $g_0$  — ускорение силы тяжести на уровне моря,  $R$  — радиус Земли,  $h$  — высота установки барометра над уровнем моря.

Разделим числитель и знаменатель правой части равенства (3.3) на  $R^2$ , тогда

$$\frac{g_h}{g_0} = \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2}. \quad (3.3a)$$

Произведя вычисления и отбросив в знаменателе правой части равенства  $\left(\frac{h}{R}\right)^2$ , так как дробь  $\frac{h}{R}$  весьма мала ( $R = 6371$  км,  $h$  не более 10 км), получаем

$$g_0 = g_h \left(1 + \frac{2h}{R}\right). \quad (3.36)$$

Так как средний радиус земли  $R = 6371$  км, то  $\frac{2}{R} \approx 314 \times 10^{-9} \text{ м}^{-1}$  и, следовательно, можно написать

$$g_0 = g_h (1 + 314 \cdot 10^{-9} h), \quad (3.3b)$$

где высота  $h$  выражена в метрах.

Ввиду того что высота столба ртути, уравнивающего атмосферное давление, обратно пропорциональна ускорению силы тяжести, можно написать

$$H_0 = H_h (1 - 314 \cdot 10^{-9} h). \quad (3.4)$$

Формула (3.4) справедлива для отдельных точек в свободной атмосфере. Если же пункт наблюдений расположен на горной вершине или на высоком плоскогорье, то скажется еще и действие массы горы или плоскогорья.

В этом случае формула для вычисления  $H_0$  примет вид

$$H_0 = H_h \left( 1 - \frac{5h}{4R} \right) = H_h (1 - 196 \cdot 10^{-9} h),$$

откуда

$$\Delta H_h = H_0 - H_h = -H_h \cdot 196 h \cdot 10^{-9}. \quad (3.4a)$$

Величина поправки  $H_h$  определяется с помощью таблицы по значениям  $H_h$  и  $h$ .

По рекомендации ВМО (Всемирной метеорологической организации) показания барометра должны быть приведены к температуре  $0^\circ$  и стандартной силе тяжести. Плотность ртути при  $0^\circ$  принята равной  $13,5951 \text{ г/см}^3$ , стандартное значение ускорения силы тяжести  $g_n = 9,80665 \text{ м/сек}^2$ .

Для вычисления поправки на высоту рекомендуется учитывать не только высоту над уровнем моря места установки барометра, но и среднюю высоту над уровнем моря местности  $h'$  вокруг точки установки барометра в радиусе 150 км.

Ускорение силы тяжести на широте  $\varphi$  на уровне моря рекомендуется вычислять по формуле

$$g_\varphi = 0,80619 (1 - 26373 \cdot 10^{-7} \cos 2\varphi + 59 \cdot 10^{-7} \cos^2 2\varphi).$$

На высоте  $h$  при средней высоте окружающей местности  $h'$  (в радиусе 150 км)

$$g_h = g_0 - 3086 \cdot 10^{-7} h + 1118 \cdot 10^{-7} (h - h').$$

В соответствии с этим в ближайшее время поправки на силу тяжести, по-видимому, будут уточнены.

**Инструментальная поправка.** При серийном производстве барометров каждый барометр может иметь в пределах допусков некоторые погрешности изготовления. Так, например, у чашечного барометра барометрическая трубка не по всей длине имеет строго постоянную площадь сечения или при постоянном сечении ее диаметр отличается от стандартного. Измерение давления с помощью такого барометра будет производиться с погрешностью. Для исключения этой погрешности вводится инструментальная поправка (равная по величине погрешности

и обратная ей по знаку). Величина инструментальной поправки не поддается предварительному расчету, а определяется для каждого барометра путем сравнения его показаний с показаниями эталонного или контрольного барометра. У исправного барометра инструментальная поправка со временем не меняется.

**Ошибка в измерении при наклоне барометра.** При отклонении барометра от вертикального положения (рис. 3.10) ртуть переходит из чашки в трубку до установления первоначальной разности уровней ртути в чашке и трубке (столб ртути удлиняется). Шкала, по которой отсчитывается длина барометрического столба, связана с барометрической трубкой и наклоняется вместе с ней. Поэтому при отклонении барометра от вертикального положения отсчет получится больше, чем при отвесном его положении, а именно

$$H_{\alpha} = \frac{H}{\cos \alpha}, \quad (3.5)$$

где  $H_{\alpha}$  — отсчет по барометру, отклоненному от вертикального положения на угол  $\alpha$ ,  $H$  — отсчет, произведенный при правильном вертикальном положении барометра.

Подсчеты показывают, что при измерении давления с точностью до 0,1 ммб можно допустить отклонение барометра от вертикального положения не более чем на 30' ( $\alpha \leq 30'$ ).

**Влияние воздуха, оставшегося в барометрической трубке.** Несмотря на тщательное выполнение процесса откачки трубки на заводе, имеют место случаи выхода барометра из строя из-за недостаточного вакуума в трубках. Воздух может также попасть в барометрическую трубку при неаккуратном обращении с барометром при его эксплуатации (особенно при перевозке).

Давление воздуха в барометрической трубке и понижение вследствие этого ртутного столба будет переменным. Оно будет зависеть от температуры и от внешнего давления, так как при изменении внешнего давления будет изменяться длина ртутного столба, следовательно, и объем, занимаемый воздухом в барометрической трубке.

Учесть при измерениях давление оставшегося в барометрической трубке воздуха практически невозможно, поэтому барометры, в барометрическую трубку которых попала значительная масса воздуха, являются неисправными и пользоваться ими нельзя.

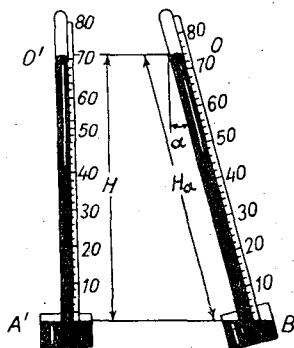


Рис. 3.10. Влияние наклона барометра на его показания.

Если барометр исправен, то ртуть при его наклоне заполняет всю барометрическую трубку, а оставшийся воздух образует в запаянном конце трубки пузырек диаметром не более 1 мм. При наклоне исправного барометра будет слышен звонкий удар ртути (о запаянный конец трубки), при наличии воздуха в трубке удар получается мягкий, глухой.

**Влияние пара ртути, находящегося в барометрической трубке.** При любой степени откачки воздуха из трубки над ртутью в трубке всегда будет находиться пар ртути. Оказывая некоторое давление, пар ртути будет способствовать уменьшению высоты столба ртути.

Давление пара ртути невелико: при температуре от 0 до 60° оно меняется примерно от 0,0003 до 0,0353 мб. Это находится в пределах допустимой погрешности измерения, равной 0,1 мб. При более точных измерениях эта погрешность может быть заранее вычислена и учтена.

**Влияние капиллярного давления поверхности ртути в барометрической трубке.** Силы поверхностного натяжения в пленке жидкости вызывают молекулярное давление, направленное внутрь жидкости. Величина молекулярного давления зависит от рода жидкости, а также и от формы ее поверхности.

Так как ртуть не смачивает стекло и радиус барометрических трубок сравнительно невелик, то поверхность ртути в барометрических трубках имеет выпуклую форму и внутри ртути в барометрической трубке создается дополнительное молекулярное давление, большее, чем при горизонтальной поверхности ртути. Это давление может быть вычислено по формуле:

$$\Delta = \frac{2\sigma}{R}, \quad (3.6)$$

где  $\Delta$  — молекулярное давление,  $\sigma$  — поверхностное натяжение ртути,  $R$  — радиус кривизны мениска ртути.

Величина занижения показаний барометра из-за молекулярного давления при некотором значении  $R$  входит в инструментальную поправку. Однако  $R$  меняется в зависимости от хода изменения давления (т. е. от того, растет оно или падает). При этом меняется молекулярное давление в барометрической трубке. При измерениях чашечным барометром рекомендуется слегка постучать по его барометрической трубке, а при измерениях сифонно-чашечным барометром — подвести ртуть к нижнему индексу всегда снизу с тем, чтобы по возможности образовалась всегда одна и та же кривизна мениска ртути в трубке и тем самым получилось одно и то же молекулярное давление ртути.

Следовательно, для обеспечения необходимой точности измерения атмосферного давления с помощью ртутных барометров нужно выполнить ряд условий, сводящихся к про-

верке исправности барометра, правильному обращению с барометром и введению ряда поправок к произведенным отсчетам.

**Вычисление результатов измерений по барометрам.** В отсчет по барометру вводятся две поправки: 1) постоянная поправка, состоящая из двух поправок — инструментальной и на силу тяжести, 2) поправка на приведение показаний барометра к температуре  $0^{\circ}$ .

Поправка на силу тяжести, определяемая в зависимости от широты и высоты места, с изменением давления меняется незначительно, поэтому ее вычисляют для данной станции по среднегодовому значению давления и, суммируя с инструментальной поправкой, получают постоянную поправку. Постоянную поправку определяют местные управления Гидрометслужбы (УГМС) для каждого барометра на станции. Если при инспекции станции обнаружено изменение инструментальной поправки, постоянная поправка вновь вычисляется в УГМС и сообщается на станцию.

Ниже приводится пример вычисления постоянной поправки и поправки на приведение показаний барометра к температуре  $0^{\circ}$ .

*Пример.* Станция находится на широте  $59^{\circ}30'$  и высоте 150 м над уровнем моря. Среднее годовое давление на этой станции 930 мб. Инструментальная поправка барометра составляет  $-0,2$  мб.

Поправка на силу тяжести в зависимости от широты места находится по таблице.<sup>1</sup> Она составляет 1,16 мб (средняя между поправками для широт  $59$  и  $60^{\circ}$ ). Поправка берется со знаком плюс, так как широта места расположения станции больше  $45^{\circ}$ .

Поправка на силу тяжести в зависимости от высоты места находится также по таблице.<sup>1</sup> Она составляет 0,03 мб (поправка берется со знаком минус, так как станция расположена выше уровня моря).

Отсюда постоянная поправка барометра равна  $-0,2 + 1,16 - 0,03 = 0,93 \approx 0,9$  мб.

Пусть температура барометра при измерении давления была равна  $15,3^{\circ}$  (по термометру при барометре), а поправка к термометру  $-0,2^{\circ}$ . Тогда исправленные показания термометра будут  $15,3 + (-0,2) = 15,1^{\circ}$ . По таблице<sup>1</sup> находим поправку на приведение показания барометра к температуре  $0^{\circ}$ . Она равна  $-2,3^{\circ}$ . (Поправка берется со знаком минус, так как температура барометра выше  $0^{\circ}$ .)

В дальнейшем на этой станции в отсчеты барометра должны вводиться только две поправки — постоянная и поправка на температуру.

Измерения, произведенные по барометру, записываются в специальную книжку.

## Анероиды

На метеорологических станциях для измерения давления анероиды не используются, однако их применяют, например, в экспедициях, на постах и т. д. В обращении имеются анероиды

<sup>1</sup> Таблицы с поправками помещены в приложении к «Наставлению гидрометеорологическим станциям», вып. 3, ч. I и II. Сборник вспомогательных таблиц. 1958 г.

двух образцов: барометр-анероид метеорологический и беспружинный барометр-анероид метеорологический (БАМ). Приемником давления у анероидов является мембранная анероидная коробка (рис. 3.11). Она состоит из двух спаянных между собой гофрированных круглых мембран 1 с жесткими центрами 2 и ножками 3, служащими для крепления мембраны. Внутренняя полость коробки герметична и находится под вакуумом (внутреннее давление менее  $10^{-2}$  мм).

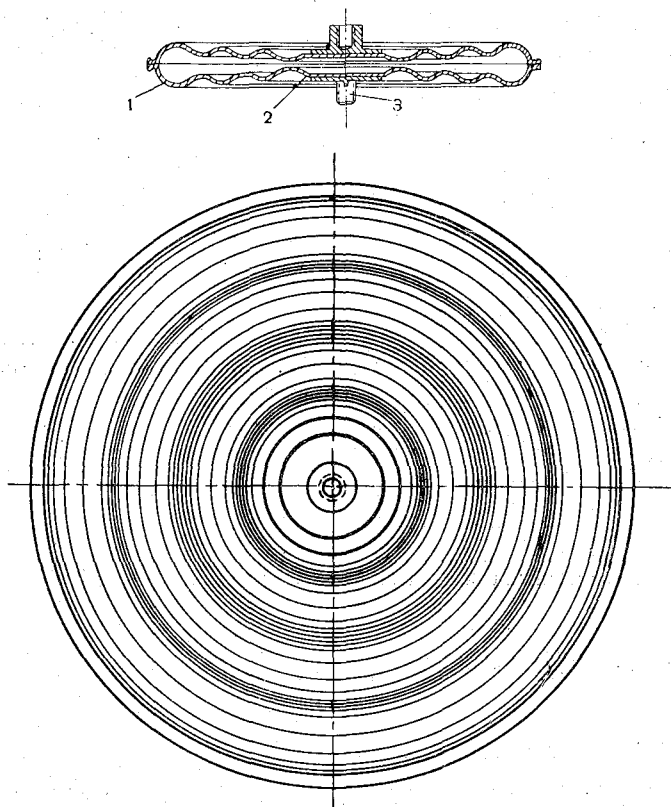


Рис. 3.11. Мембранная коробка.

Мембранные коробки изготавливаются из стали или нейзильбера, фосфористой бронзы, бериллиевой бронзы и др.

Внешнее давление (давление атмосферы), стремящееся сжать коробку, уравнивается пружиной. Измерительная пружина может находиться вне коробки или внутри нее. Роль этой пружины могут выполнять также сами мембраны в случае их достаточной упругости.



При изменении атмосферного давления мембранные коробки деформируются, меняя натяжение пружины. По величине этого натяжения (или величине деформации коробок) определяют атмосферное давление.

**Барометр-анероид.** На рис. 3.12 *а* приведен внешний вид этого прибора, а на рис. 3.12 *б* — схема его механизма. Ножка нижней мембранной коробки 9 укреплена на металлической плите 10, ножка верхней мембранной коробки при помощи колонки и штифта соединена с пружиной 8. Пружина, растягивая коробку, уравнивает атмосферное давление, действующее на коробку.

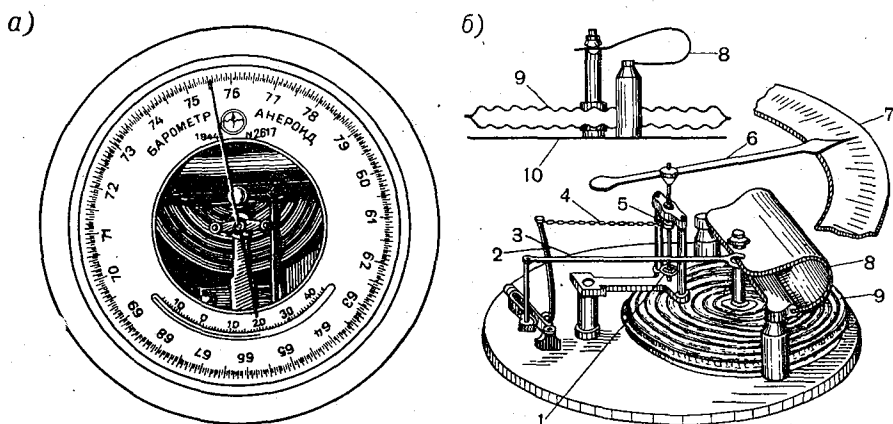


Рис. 3.12. Анероид.

При изменении атмосферного давления пружина сгибается или разгибается, перемещая укрепленный на ней стержень 3. Перемещение стержня 3 передается коленчатому рычагу 2, который при помощи шарнирной цепочки или тонкой металлической нити 4 вращает ось 5 стрелки 6. Для создания постоянного натяжения цепочки на оси 5 прикреплена спиральная пружина 1. По положению конца стрелки 6 относительно делений шкалы 7, введя соответствующие поправки, определяют величину атмосферного давления.

К шкале анероида с обратной стороны против специальной прорези прикреплен термометр. В дне кожуха анероида имеется отверстие для доступа к винту, регулирующему положение стрелки (необходимо иметь в виду, что после поверки анероида этот винт трогать нельзя, так как от его перестановки изменяются поправки прибора).

Чтобы анероид не подвергался резким колебаниям температуры, его помещают в особый закрытый футляр, открываемый только во время измерений.

Внешний вид беспружинного анероида показан на рис. 3.13 а. Механизм этого анероида смонтирован между двумя платами 1

а)

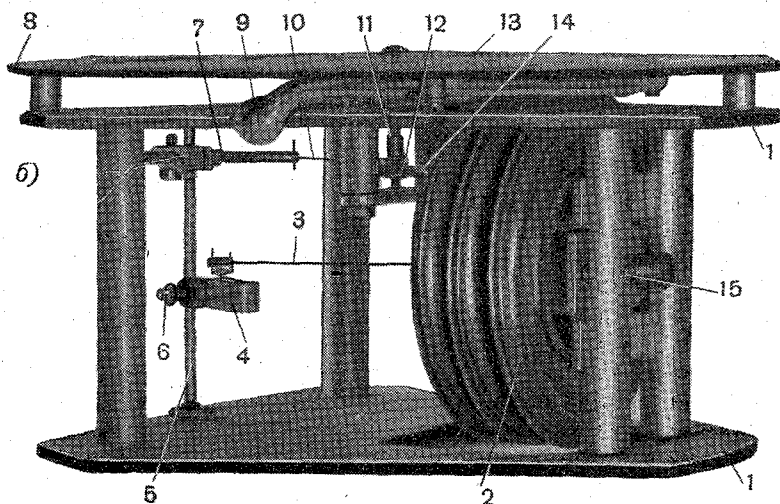
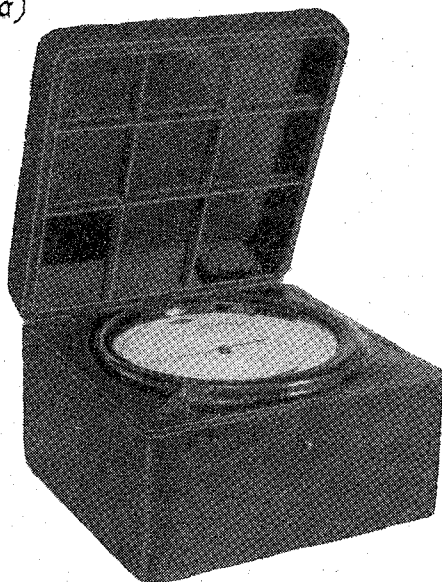


Рис. 3.13. Анероид БАМ.

(рис. 3.13 б), соединенными между собой стойками. Приемником давления служат три (упругие беспружинные) соединенные между собой анероидные коробки 2. Свободная ножка одной крайней коробки укреплена неподвижно относительно плат,

а ножка другой крайней коробки шарнирно соединяется с помощью тяги 3 с рычагом 4. Длина рычага 4 может регулироваться винтом 6. Уменьшение или удлинение рычага 4 соответственно увеличивает или уменьшает чувствительность анероида.

Рычаг 4 связан с рычагом 7 общей осью 5. Рычаг 7 связан цепочкой 10 со стрелкой 13. Один конец цепочки 10 прикреплен к рычагу 7, второй конец закреплен на ролике 12, напрессованном на ось 11 стрелки 12. Люфты в соединениях механизма анероида выбираются спиральной пружиной 14. К циферблату прибора 8 прикреплен дугообразный термометр 9. На циферблате нанесена шкала в миллиметрах или миллибарах. С помощью винта 15 барокоробки могут несколько перемещаться, вызывая при этом перемещение стрелки. Пользуясь винтом 15, при поверке стрелку прибора устанавливают в соответствии с показаниями контрольного прибора.

Механизм прибора укрепляется в футляре на амортизаторах. При измерениях анероид следует устанавливать так, чтобы его шкала была расположена горизонтально.

Правила измерений давления с помощью анероида. Открыв крышку футляра, отсчитывают по термометру при анероиде температуру с точностью до десятой доли градуса. Отсчет температуры по термометру необходимо произвести в первую очередь потому, что показания термометра могут изменяться от присутствия наблюдателя и термометр не будет показывать ту температуру, при которой находится весь анероид. Затем, постукав слегка пальцем по стеклу анероида, производят отсчет положения конца стрелки на шкале с точностью до десятых долей миллибара (миллиметра). Постукивание по анероиду необходимо для преодоления трения в передаточном механизме прибора, которое может вызвать неправильные показания стрелки.

При отсчете глаз должен находиться над концом стрелки. Конiec стрелки у некоторых анероидов перегнут перпендикулярно плоскости перемещения стрелки. При правильной установке глаза конец стрелки представляется наблюдателю в виде очень тонкой черты, а в том случае, когда наблюдатель смотрит несколько сбоку, конец стрелки виден ему в виде плоскости.

При отсутствии указанного приспособления можно контролировать правильность положения глаза по его зеркальному изображению в стекле анероида. Изображение зрачка глаза должно делиться концом стрелки пополам.

После того как произведен отсчет по анероиду, крышку футляра закрывают.

Вычисления давления по показаниям анероида. Для получения действительной величины давления по отсчету, произведенному по анероиду, его исправляют тремя поправками: 1) шкаловой, 2) температурной и 3) добавочной,

которые приводятся в поверочном свидетельстве, прилагаемом к анероиду (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Образец поверочного свидетельства для анероида  
Анероид № 392890 (134348)

Поправки анероида выведены из сличения его с нормальным барометром Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, приведенным к нормальной силе тяжести.

1. Поправка шкалы:

При	Поправка, мм	При	Поправка, мм	При	Поправка, мм	При	Поправка, мм
790,0	+0,9	740,0	-0,6	690,0	-1,2	640,0	-1,1
780,0	+0,6	730,0	-0,7	680,0	-1,2	630,0	-1,0
770,0	+0,2	720,0	-0,7	670,0	-1,0	620,0	-1,0
760,0	0,0	710,0	-0,9	660,0	-0,8	610,0	-1,0
750,0	-0,3	700,0	-1,2	650,0	-0,9	600,0	-1,0
						590,0	—

2. Поправка для приведения показаний к  $0^\circ$  равна  $-0,04t$ , где  $t$  — температура анероида.

3. Добавочная поправка в январе 1958 г. равна +1,2.

Примечание: Поправки должны прибавляться при знаке «+» и вычитаться при знаке «-».

Шкаловая поправка. Шкала анероида изготавливается с определенными допусками, кроме того, в каждом анероиде могут быть свои особенности в коробках и в передаточном меха-

низме, которые будут вызывать несовпадение показаний anerоида с истинной величиной давления, причем величина этого несовпадения может быть различной в разных участках шкалы. В целях выявления этих ошибок anerоиды сравнивают при искусственном изменении давления в барокамерах с точным ртутным манометром и получают их шкаловые поправки.

В поверочном свидетельстве к anerоиду (табл. 3.1) шкаловые поправки приводятся для всей шкалы через каждые 10 мм давления. Чтобы вычислить необходимую поправку для отсчета, ее следует найти путем интерполяции между двумя соседними величинами поправок, приведенными в поверочном свидетельстве для тех точек шкалы, между которыми находится произведенный отсчет.

**Температурная поправка.** При изменении температуры anerоида его показания изменяются вследствие того, что упругость мембранной коробки и упругость пружины не остаются постоянными. При повышении температуры их упругость уменьшается, в силу чего коробка сдавливается больше и anerоид дает завышенные показания. Следовательно, при одном и том же атмосферном давлении показания anerоида могут различаться в зависимости от его температуры.

Чтобы исключить влияние температуры, показания anerоида приводят к температуре 0°. Для этой цели у каждого anerоида определяется так называемый температурный коэффициент.

Температурным коэффициентом anerоида называют величину изменения его показаний при изменении температуры прибора на один градус. Температурный коэффициент считают положительным, если с увеличением температуры anerоида его показания увеличиваются.

Для уменьшения температурного коэффициента при изготовлении anerоида его компенсируют на температуру. Такая компенсация достигается тем, что в anerоидной коробке оставляется некоторое количество газа.

**Введение поправки на температуру.** Полностью исключить влияние температуры anerоида на его показания не удастся. Поэтому при проверке anerоида определяют его температурный коэффициент и в поверочном свидетельстве приводят величину температурной поправки, которая равна произведению температурного коэффициента, взятого с обратным знаком, на температуру прибора.

*Пример.* Отсчет по anerоиду № 392890 (134348), исправленный введением шкаловой поправки, равен 745,9 мм; отсчет по термометру anerоида равен 12,4°. Температурный коэффициент —0,04 мм/град.

Для приведения показаний anerоида к 0° вычисляют температурную поправку при данной температуре. Она равна:  $-0,04 \cdot 12,4 = -0,496 = -0,5$  мм. Эту поправку вносят в показания anerоида:  $745,9 - 0,5 = 745,4$  мм.

Добавочная поправка. Характеристики упругости материалов, из которых изготавливаются коробки и пружины анероидов, меняются во времени. Хотя эти изменения происходят крайне медленно, они все же через некоторое время начинают заметно сказываться на показаниях анероида и приводят к возникновению дополнительной погрешности при измерениях. Эту погрешность следует определить и в показания анероида ввести дополнительную поправку (равную значению определенной погрешности с обратным знаком).

Дополнительная поправка в течение достаточно длительного времени может приниматься постоянной величиной (изменение характеристики упругости коробок и пружин происходит медленно). Она определяется путем сравнительных измерений давления с помощью анероида и ртутного барометра.

Для того чтобы после каждого такого сравнения вычислять не все поправки анероида, а только дополнительную, поступают следующим образом. При проверке анероида, определив поправки к его показаниям по всей шкале, условно принимают поправку при 760 мм равной нулю и, таким образом, сдвигают все шкаловые поправки на одну и ту же величину (эти поправки даются в поверочном свидетельстве анероида).

По окончании всей проверки анероид дополнительно сравнивают с ртутным барометром и определяют величину той добавочной поправки, которую нужно вводить в показания анероида (кроме шкаловой и температурной), чтобы его показания совпадали с показаниями ртутного барометра. Добавочную поправку выписывают в поверочном свидетельстве, причем указывается время, когда она была получена. Таким образом, в добавочную поправку входит шкаловая поправка при 760 мм и поправка, вызванная изменением свойств пружины и анероидной коробки.

В дальнейшем при сравнениях анероида с ртутным барометром определяется только добавочная поправка. В случае большого изменения добавочной поправки анероид следует подвергнуть полной проверке.

### Гипсотермометр

Для определения величины атмосферного давления пользуются также гипсотермометром (термобарометром). Сущность этого метода заключается в использовании зависимости между температурой пара кипящей жидкости и его давлением.

Кипение жидкости наступает тогда, когда упругость образующегося в ней пара достигает величины внешнего давления, действующего на поверхность жидкости.

Зная температуру пара кипящей воды, можно по специальным таблицам найти величину его упругости, а так как она равна внешнему давлению, то, следовательно, и величину атмосферного давления.

Для давления от 715 до 775 мм температура пара кипящей воды приближенно определена с помощью эмпирической формулы

$$t = 100^\circ + 0,0375(p - 760)^\circ, \quad (3.7)$$

где  $t$  — температура пара кипящей воды при давлении  $p$ .

Из формулы (3.7), зная температуру кипящей воды, можно определить  $p$ , т. е. величину атмосферного давления,

$$p = 760 + \frac{t - 100}{0,0375}. \quad (3.8)$$

Таким образом, определение атмосферного давления при помощи гипсотермометра сводится к измерению температуры пара кипящей воды.

**Устройство гипсотермометра.** Гипсотермометр представляет собой термометр большой чувствительности с делениями, позволяющими отсчитывать температуру с точностью до  $0,01^\circ$  (его шкала имеет деление ценой  $0,05^\circ$ ).

Отсчет производится с помощью лупы с точностью до 0,2 и даже 0,1 деления шкалы, т. е. до  $0,01$ — $0,005^\circ$ . Изготавливаются гипсотермометры и более высокой точности, имеющие цену деления шкалы  $0,01$  или  $0,02^\circ$ . Для обеспечения высокой точности в отсчетах показаний гипсотермометра и возможности проверки изменения его реперных точек необходимо, чтобы его шкала имела точки 0 и  $100^\circ$ , а деления шкалы были достаточной величины. Для этого следовало бы изготавливать гипсотермометры очень длинными, что было бы чрезвычайно неудобно для пользования. Поэтому в капиллярной трубке термометра немного выше нулевого деления сделано расширение длиной около 1—2 см. Расширение заполняется ртутью при температуре около  $80^\circ$ , при дальнейшем повышении температуры начинает заполняться верхняя часть капилляра.

Гипсотермометры выпускаются со шкалами, на которых деления наносятся в единицах давления (в миллиметрах или миллибарах) (рис. 3.14). Это дает возможность после введения соответствующих шкаловых поправок непосредственно получать значение атмосферного давления.

Каждый гипсотермометр должен быть поверен и иметь поверочное свидетельство, в котором даются поправки по шкале для каждого десятка миллиметров или миллибаров, указываются время поверки и отсчет показаний гипсотермометра

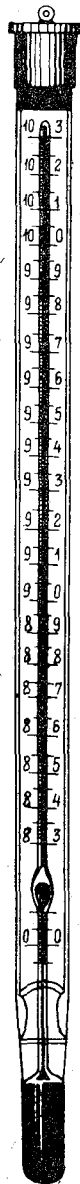


Рис. 3.14.  
Гипсотермометр.

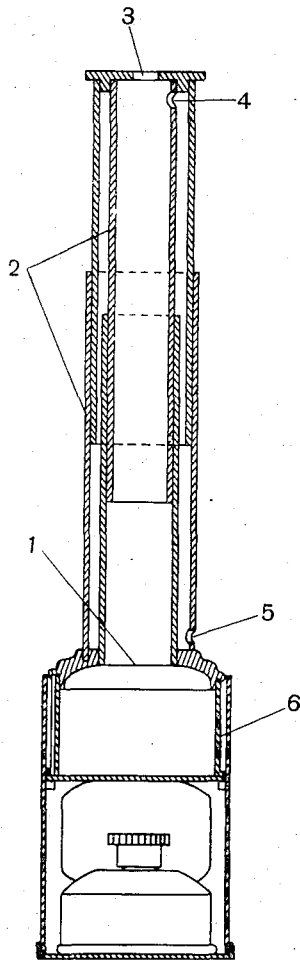


Рис. 3.15. Кипятильник гипсотермометра.



в тающем снеге после получасового пребывания его до этого при температуре кипения воды, а также атмосферное давление, при котором кипение происходило. При повторных поверках точки нуля гипсотермометра отсчет, приведенный в поверочном свидетельстве, дает возможность определить изменение положения точки нуля, которое произошло за время, прошедшее между двумя поверками.

Кипятильник для гипсотермометра. Температура пара кипящей воды с помощью гипсотермометра определяется в специальном кипятильнике (рис. 3.15), состоящем из металлического сосуда 6 и раздвижной трубки 2 с двойными стенками. В верхней части внутренней стенки трубки 2 имеются отверстия 4, а в нижней части наружной стенки — отверстия 5. В нижней части трубки 2 имеется металлическая сетка 1, которая предохраняет резервуар гипсотермометра от брызг воды. На гипсотермометр надевают резиновое кольцо и помещают его в отверстие 3 раздвижной трубки.

Резиновое кольцо надевается так, чтобы ртутный столбик при кипении воды в сосуде 6 выдавался над резиновым кольцом лишь на 1—2 мм, так как выступающий над резиновым кольцом столбик ртути находится под влиянием окружающего воздуха, температура которого значительно отличается от температуры пара кипящей воды. Чтобы (по возможности) весь ртутный столбик гипсотермометра находился при температуре пара кипящей воды, двойная трубка сделана раздвижной. Пар кипящей воды, поднявшись по внутренней трубке, через верхние отверстия в ней поступает в наружную и выходит из нее через нижние отверстия 5. В кипятильнике следует применять только дистиллированную воду.

При измерениях на открытом воздухе гипсотермометр вместе с кипятильником вставляется в защитный ящик (рис. 3.16).

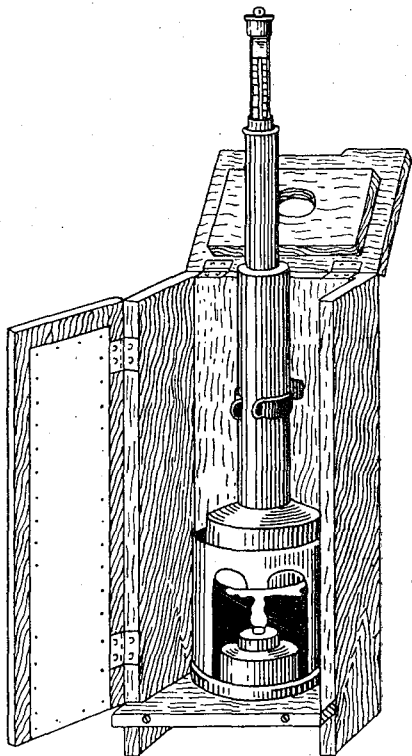


Рис. 3.16. Гипсотермометр и кипятильник в защитном футляре.

Встречаются также конструкции кипятильников гипсотермометра, отличающиеся от описанной.

Относительно небольшие габариты и вес гипсотермометра делают этот прибор удобным для использования в экспедициях; гипсотермометр можно проверить на любой метеорологической станции, сравнив его показания с показаниями ртутного барометра, после чего им можно во время экспедиции пользоваться для проверки анероидов.

### Барографы

Для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления применяются барографы. Широкое распространение

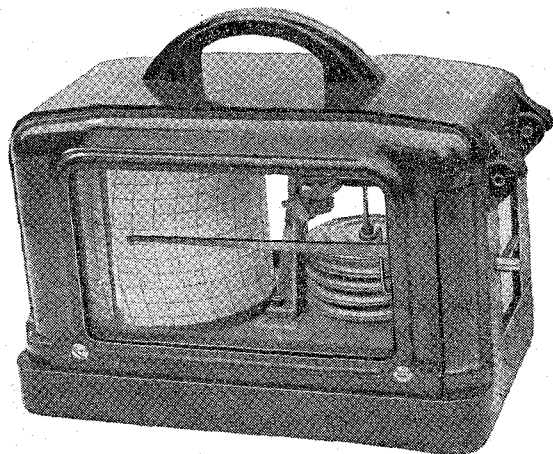


Рис. 3.17. Барограф.

имеют только барографы, у которых в качестве чувствительного элемента применены мембранные коробки. На метеорологических станциях встречается несколько конструкций этого прибора. Здесь дается описание барографа, который выпускается в настоящее время.

Барограф размещен в пластмассовом корпусе (таком же, как термограф и гигрограф) (рис. 3.17). К основанию корпуса с помощью четырех винтов прикреплена металлическая плата 14 (рис. 3.18), на которой смонтирован весь механизм прибора. Блок барокоробок 13 нижним концом с помощью биметаллического компенсатора крепится к плате 14. Верхний конец блока барокоробок с помощью упора 6 и системы рычагов связан со стрелкой 1, на конец которой надевается перо. Рычажная система состоит из рычага 5 с шарниром, расположенным в под-

вижном кронштейне 3, тяги 7 и регулируемого рычага 8, имеющего общую ось со стрелкой 1 и закрепляемого винтом. Меняя с помощью винта длину рычага 8, можно регулировать чувствительность барографа. Положение подвижного кронштейна 3, имеющего шарнир в кронштейне 2, фиксируется сверху винтом 4 и снизу упорной пружиной. С помощью винта 4, расположенного в верхней части кронштейна 2, можно перемещать подвижной кронштейн 3 вокруг его шарнира, тем самым перемещая всю систему рычагов (не деформируя коробки) и устанавливая

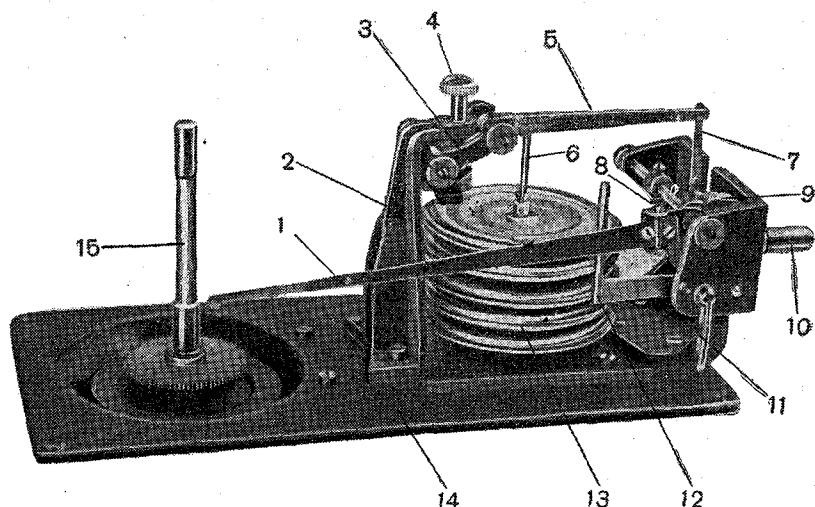


Рис. 3.18. Механизм барографа.

конец стрелки 1 с пером в нужном положении относительно делений на ленте (надетой на барабан часового механизма) в соответствии с атмосферным давлением.

Часовой механизм с барабаном для ленты надевается на ось 15.

При повышении атмосферного давления барокоробки сжимаются и через рычажную систему поворачивают стрелку, перемещая ее вверх (перо перемещается вверх). При понижении атмосферного давления коробки под воздействием упругих сил мембран расширяются и стрелка перемещается вниз. Перемещение пера примерно в 80 раз больше, чем деформация блока барокоробок. Чувствительность барокоробок ( $\text{мм/мб}$ ) имеет температурную зависимость, так как упругие свойства мембран зависят от температуры. Для компенсации деформаций барокоробок, вызванных изменениями температуры, в барографах применяется термокомпенсатор.

Биметаллический компенсатор (рис. 3.19) крепится к нижней стороне платы 14. К биметаллической пластине 19 компенсатора, которая закреплена одним концом винтом 16 к плате, винтом 20 прикреплены барокоробки. Передвижной скобой 18 с помощью винта 17 пластина 19 скрепляется с корпусом.

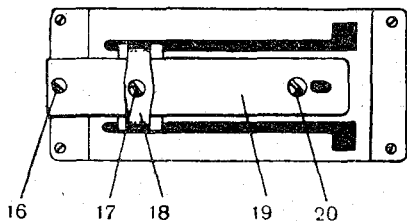


Рис. 3.19. Биметаллический компенсатор барографа.

Меняя место закрепления скобы, изменяют длину свободного конца биметалла и, следовательно, величину перемещения барокоробок биметаллом при изменении температуры. При перемещении скобы 18 назад (в сторону барокоробки) свободный конец биметалла укорачивается и перемещение барокоробки уменьшается. При перемещении скобы вперед к неподвижному концу биметалла свободный конец его удлиняется — перемещение барокоробок биметаллом при изменении температуры увеличивается. Слегка перемещая хомут в ту или иную сторону, добиваются возможно лучшей температурной компенсации. Регистрация давления производится на специальных, накладываемых на барабан часового механизма лентах. При установке и снятии

барабана с лентой приходится отводить стрелку 1 (рис. 3.18). Для отвода стрелки 1 служит рукоятка 11, связанная с упором 12. Пластмассовая крышка прибора соединяется с корпусом шарниром, а при закрывании крышка автоматически запирается пружинным замком. Открывают крышку за рукоятку в ее верхней части при одновременном нажатии кнопки, опирающей пружинный замок (рис. 3.17).

Чтобы барограф работал на станции бесперебойно, необходимо строго выполнять правила по уходу за ним.

Барограф следует устанавливать на отдельной полочке, укрепленной на стене недалеко от ртутного барометра. Его не следует подвергать сильным температурным колебаниям, так как, несмотря на температурную компенсацию, это может сказаться на его записях. Поэтому барограф нельзя устанавливать вблизи отопительных батарей, оконных проемов, в местах, куда могут попасть лучи солнца.

Уход за часовым механизмом барографа осуществляется так же, как за часовым механизмом термографа.

Барографы в зависимости от подкладной шестерни (у оси 15) и приданного им часового механизма могут быть суточными и недельными. Ленты барографа (рис. 3.20) разграфлены через равные промежутки горизонтальными линиями и по вертикали через равные промежутки дугами. Горизонтальными линиями

нанесена шкала давления в миллибарах, вертикальными дугами — шкала времени. Шкала давления на ленте имеет пределы от 960 до 1050 *мб*, деления нанесены через каждые 2 *мб* и оцифрованы через каждые 10 *мб*. По шкале времени цена делений между соседними дугами 15 *мин* для суточного барографа и 2 *час* для недельного.

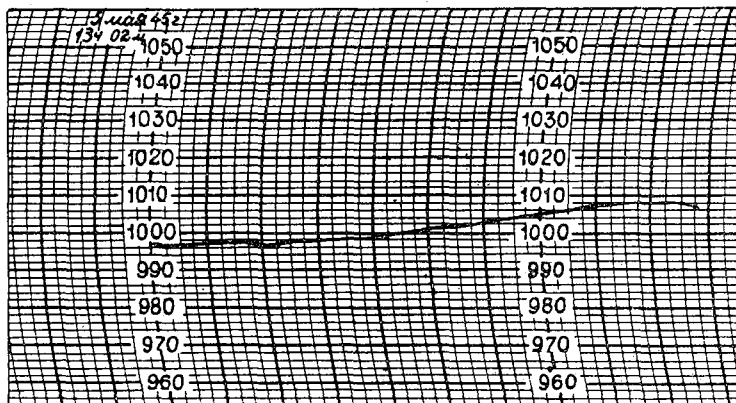


Рис. 3.20. Лента барографа.

Смена ленты на барографе производится совершенно так же, как на термографе. Контрольные отметки на барографе делаются при производстве измерений давления по барометру в основные сроки наблюдений. Исправленные показания барометра являются исходными при обработке лент для введения поправок к данным по записи барографа. В остальном обработка лент барографа не отличается от обработки лент термографа.

## ГЛАВА 4

### ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

#### Величины, характеризующие влажность воздуха

Абсолютная влажность воздуха  $a$ , или плотность водяного пара, — количество водяного пара в граммах, содержащееся в одном кубическом метре воздуха ( $г/м^3$ ).

Упругость (парциальное давление) водяного пара  $e$ , находящегося в воздухе, выражается в миллибарах ( $мб$ ), иногда в миллиметрах ртутного столба ( $мм$  рт. ст.) Зависимость абсолютной влажности воздуха от упругости водяного пара может быть представлена в виде

$$a = \frac{0,81e}{1 + \alpha t} \text{ г/м}^3, \quad (4.1)$$

где  $e$  — парциальное давление пара в миллибарах,  $t$  — температура водяного пара,  $\alpha$  — температурный коэффициент объемного расширения пара.

Упругость пара, насыщающего пространство,  $E$  — максимально возможная упругость водяного пара при данной температуре — выражается в миллибарах, иногда в миллиметрах ртутного столба.

Относительная влажность  $r$  — отношение упругости водяного пара, находящегося в воздухе, к максимально возможной упругости водяного пара при данной температуре — выражается в процентах

$$r = \frac{e}{E} 100\%. \quad (4.2)$$

Удельная влажность  $\rho$  — количество водяного пара в граммах, содержащегося в одном килограмме влажного воздуха ( $г/кг$ ),

$$\rho = \frac{622e}{p - 0,378} \text{ г/кг}, \quad (4.3)$$

где  $p$  — давление атмосферы, или приближенно

$$p = \frac{622e}{p}. \quad (4.4)$$

Отношение смеси  $f$  — отношение веса водяного пара, содержащегося в одном кубическом метре, к весу сухого воздуха в том же объеме

$$f = \frac{622e}{p-e} \text{ г/кг}. \quad (4.5)$$

Отношение парциального давления водяного пара к давлению атмосферы (относительная концентрация молекул воды в воздухе)

$$S = \frac{e}{p}. \quad (4.6)$$

Точка росы  $\tau$  — температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, достигает состояния насыщения при неизменном давлении. Если известна точка росы и температура воздуха, можно по таблице максимальных упругостей водяного пара определить абсолютную и относительную влажность воздуха.

Дефицит влажности  $d$ , или недостаток насыщения, — разность между максимальной возможной упругостью водяного пара при данной температуре воздуха и упругостью водяного пара, действительно находящегося в воздухе,

$$d = E - e. \quad (4.7)$$

В метеорологии для измерения влажности наибольшее распространение имеют: 1) психрометрический метод и 2) метод определения влажности с помощью гигрометров.

### Психрометрический метод. Психометры

В психрометрическом методе влажность воздуха определяется на основании показаний двух термометров, поверхность резервуара одного из которых все время поддерживается в смоченном (водой) состоянии (смоченный термометр). С поверхности резервуара такого термометра происходит испарение воды; интенсивность испарения зависит от влажности окружающего воздуха. Чем больше недостаток насыщения в окружающем воздухе, тем интенсивнее испарение со смоченного термометра и тем ниже его показания, так как на испарение расходуется тепло. Следовательно, разность показаний сухого и смоченного термометров будет характеризовать влажность воздуха.

Сухой термометр показывает температуру воздуха, а смоченный — собственную температуру, зависящую от испарения, происходящего с поверхности его резервуара.

Подсчет прихода и расхода тепла для резервуара смоченного термометра может быть приближенно произведен следующим образом.

По формуле Дальтона количество воды, испарившееся в единицу времени с некоторой поверхности, может быть выражено формулой

$$M = \frac{cS(E_1 - e)}{p},$$

где  $M$  — масса испарившейся воды;  $S$  — площадь поверхности, с которой происходит испарение;  $p$  — давление воздуха;  $E_1$  — максимальная упругость водяного пара при температуре испаряющейся поверхности;  $e$  — упругость водяного пара, находящегося в воздухе;  $c$  — коэффициент пропорциональности, зависящий главным образом от скорости протекания воздуха около резервуара термометра.

Таким образом, расход тепла, затрачиваемого на испарение с поверхности смоченного термометра, может быть выражен формулой

$$Q_1 = Mr \frac{cLS(E_1 - e)}{p},$$

где  $Q_1$  — количество тепла,  $L$  — теплота испарения воды.

Затрачивая на испарение тепло, термометр охлаждается. Возникнет разность температур резервуара термометра и окружающего воздуха, тогда к резервуару смоченного термометра из воздуха начнет поступать тепло  $Q_2$ , которое можно подсчитать, пользуясь формулой Ньютона,

$$Q_2 = BS(t - t_1),$$

где  $t$  — температура окружающего воздуха;  $t_1$  — температура смоченного термометра;  $S$  — площадь поверхности, через которую осуществляется теплообмен;  $B$  — коэффициент пропорциональности (коэффициент внешнего теплообмена).

Так как определение влажности производится при установившемся показании смоченного термометра, можно считать, что приход тепла к нему равен его расходу на испарение (в противном случае показания термометра менялись бы), т. е.

$$Q_1 = Q_2,$$

откуда

$$\frac{cLS(E_1 - e)}{p} = BS(t - t_1).$$

Определив из этого уравнения  $e$  и полагая  $S_1 = S$ , получим

$$e = E - \frac{B(t - t_1)p}{cL}. \quad (4.8)$$



Обозначая  $\frac{B}{cL}$  через  $A$  (психрометрический коэффициент), получаем психрометрическую формулу

$$e = E_1 - A(t - t_1) p. \quad (4.9)$$

Установлено, что при увеличении скорости движения воздуха около резервуара смоченного термометра психрометрический

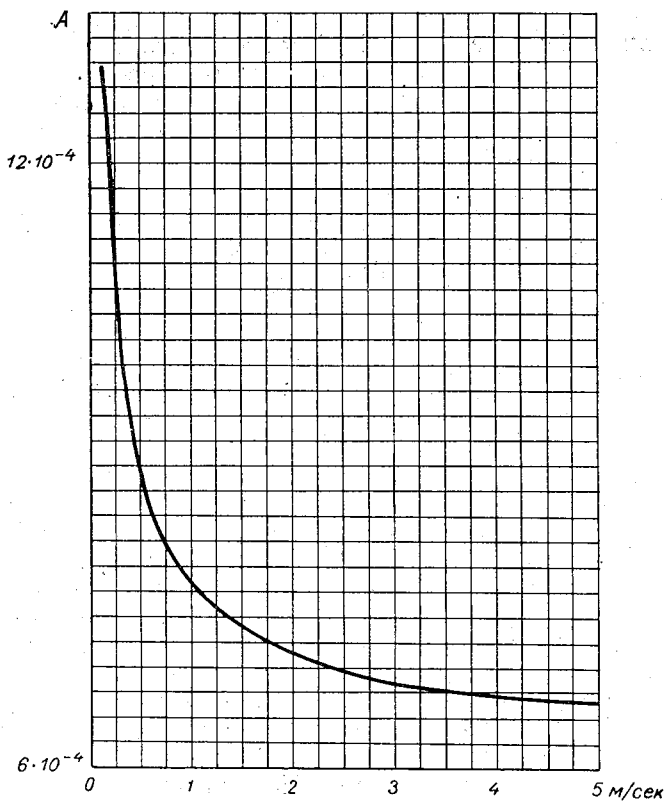


Рис. 4.1. Зависимость психрометрического коэффициента от скорости аспирации.

коэффициент уменьшается. Это изменение психрометрического коэффициента идет вначале быстро, а при дальнейшем увеличении скорости вентиляции все медленнее и медленнее. При скоростях вентиляции свыше 2,5 м/сек изменения психрометрического коэффициента становятся очень малыми (рис. 4.1).

Рассмотрим некоторые системы психрометров.

**Станционный психрометр.** Этот психрометр состоит из двух психрометрических термометров с резервуарами одинаковой формы и одинаковых размеров, помещенных рядом на особом штативе в жалюзийной психрометрической будке.

Шарик правого термометра плотно обвязывают кусочком батиста, конец которого погружен в стеклянный стаканчик, наполненный дистиллированной водой (рис. 4.2).

Психрометрический стаканчик устанавливают в проволочном кольце, закрепляемом на штативе при помощи винта 1.

Расстояние от верхнего края стаканчика до шарика термометра должно быть не менее 2—3 см, для того чтобы края стаканчика не мешали свободному обмену воздуха и исключалась возможность образования около шарика термометра воздуха повышенной влажности. Стаканчик покрывают крышкой с прорезью, через которую пропускают конец батиста.

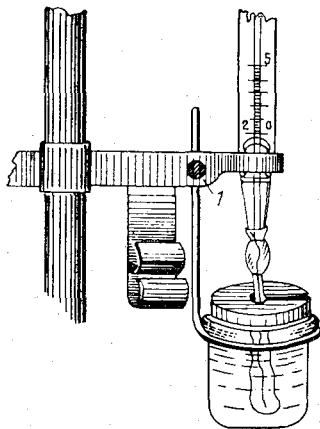


Рис. 4.2. Психрометрический стаканчик.

Термометры для психрометра специально отбирают с возможно более близкими характеристиками (инерция, ход изменения поправок и т. д.).

Измерения с помощью психрометра. Для обеспечения достаточной точности определения относительной влажности с помощью психрометра ошибка в разности отсчетов по термометрам должна быть не более  $0,1^\circ$ . Это требует строгого соблюдения при измерениях определенных правил.

Батист термометра должен быть хорошо смочен за 10—15 мин до отсчета, для чего лучше всего, сняв крышку, поднять стаканчик с водой и погрузить в воду шарик термометра, затем снова поместить стаканчик на прежнее место.

Отсчеты по термометрам должны производиться возможно быстрее, как это указывалось в главе 2.

Уход за психрометром. Правильное показание психрометра возможно лишь при хорошо обеспеченном испарении с поверхности смоченного термометра. Для этого следует выбрать надлежащий сорт батиста, правильно обвязать его и смачивать дистиллированной водой.

Повязка батиста производится следующим образом. Термометр закладывают в книгу так, чтобы его шарик выдавался из книги сантиметров на 10. Книгу кладут на стол таким образом, чтобы шарик термометра выдавался над краем стола. Затем выбирают кусочек специально приготовленного батиста и измеряют его, обертывая шарик термометра. Батист должен обер-

тывать шарик термометра только один раз, причем края батиста могут лишь немного заходить друг за друга (не более чем на  $\frac{1}{4}$  окружности шарика). После того как будет подобран кусочек батиста соответствующий ширины, его смачивают в дистиллированной воде и в мокром виде плотно обертывают вокруг шарика термометра. Подготовив две петли из ниток, сначала одной петлей крепко затягивают батист над верхней частью шарика (рис. 4.3 а), а затем, надев вторую петлю на середину шарика, постепенно стягивают ее под нижней частью шарика, все время расправляя батист. Нитку под шариком не следует стягивать слишком туго, так как это может ухудшить пропитывание верхней части батиста водой. Последний должен лежать плотно по всей поверхности шарика.

Закончив повязку батиска, вынимают термометр из книги и устанавливают в психрометрической будке на особом штативе.

Нужно следить за тем, чтобы батист всегда был чистым, мягким и влажным. Загрязненный батист плохо впитывает воду, поэтому необходимо менять его не реже двух раз в месяц. В местностях с большой запыленностью воздуха следует особенно внимательно следить за состоянием батиста и менять его по мере загрязнения. В таких местностях, чтобы по возможности предохранить батист от загрязнения, между сроками наблюдений шарик смоченного термометра, обвязанный батистом, можно держать погруженным в стаканчик с водой. За 15 мин до измерений стаканчик необходимо установить в нормальное положение — на 2—3 см ниже шарика термометра.

Вода, применяемая для смачивания, должна быть одинаковая на всех станциях, так как присутствие различных веществ, растворенных в воде, может влиять на скорость испарения. Поэтому на всех метеорологических станциях употребляют для смачивания батиста дистиллированную воду. В крайнем случае можно пользоваться чистой снеговой или дождевой водой, которую надо пропустить через фильтровальную бумагу или вату.

Измерения по психрометру при морозах. При температурах ниже  $0^{\circ}$  максимальная упругость водяного пара имеет весьма малые значения. Поэтому небольшая ошибка

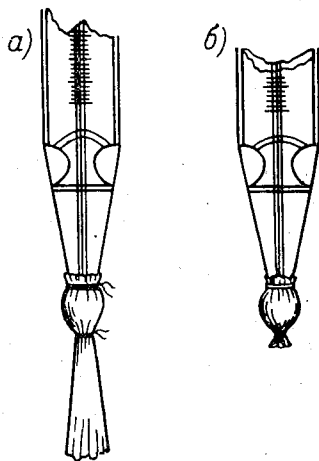


Рис. 4.3. Повязка батиста на резервуар смоченного термометра.

а — при положительной, б — при отрицательной температуре.

в определении температуры сухого и смоченного термометров вызывает большие ошибки в определении абсолютной влажности. Отсюда следует, что при определении влажности по психрометру при температуре ниже  $0^{\circ}$  требуется внимательный уход за смоченным термометром.

С наступлением первых заморозков батист смоченного термометра обрезается непосредственно под шариком (рис. 4.3 б) и психрометрический стаканчик убирается из будки. За полчаса до наблюдения стаканчик с дистиллированной водой комнатной температуры приносят в психрометрическую будку и погружают шарик термометра, обернутый батистом, в воду. При этом наблюдают за показаниями термометра. Необходимо дожидаться, чтобы температура у смоченного термометра поднялась на  $2-3^{\circ}$  выше нуля. Это будет служить доказательством, что вся старая ледяная корка на батисте растаяла. После этого убирают стаканчик и снимают каплю воды, образующуюся на конце батиста, краем стаканчика. Будку закрывают и через 30 мин производят отсчет.

При измерениях при температуре ниже  $0^{\circ}$  приходится решать вопрос о том, в каком состоянии находится вода на батисте термометра. При отрицательных температурах воздуха вода на батисте может быть не только в твердом состоянии (лед), но и в жидком (переохлажденная вода). По наружному виду судить об этом весьма трудно. Между тем для вычисления влажности необходимо знать, брать ли максимальную упругость водяного пара над льдом или над водой.

Максимальная упругость водяного пара при одной и той же отрицательной температуре различна над переохлажденной водой и над льдом. Давление водяного пара над льдом меньше, чем над переохлажденной водой, и поэтому для правильного вычисления влажности по психрометру необходимо знать, находится ли вода на батисте смоченного термометра в переохлажденном состоянии или она замерзла. Для этого после производства отсчетов следует посмотреть, обмерз или остался мягким батист на резервуаре термометра, и учесть это при вычислениях.

Отсчеты по психрометру при отрицательных температурах следует производить с большой тщательностью; нужно внимательно следить за тем, чтобы во время отсчетов: 1) показания термометров были установившимися, 2) на шарике сухого термометра не было капель воды, льда или изморози и 3) батист у смоченного термометра был либо пропитан переохлажденной водой, либо покрыт равномерно минимально тонкой корочкой льда. При соблюдении этих условий можно получить надежные данные по психрометру для определения влажности при температурах ниже  $0^{\circ}$ .

В некоторых случаях при отрицательных температурах (когда на батисте имеется «лед») показания смоченного термометра

бывают выше показаний сухого термометра, причем разность показаний может достигать  $0,3^\circ$ . Это объясняется тем, что водяной пар, находящийся в воздухе, может не достигать состояния насыщения над поверхностью воды по отношению к «воде», а в то же время он будет являться уже пересыщенным по отношению ко «льду», который находится на батисте смоченного термометра. Поэтому водяной пар, находящийся в воздухе, начнет конденсироваться на поверхности льда смоченного термометра и будет выделять тепло, которое и повысит показания смоченного термометра.

Так, например, при температуре воздуха  $-10^\circ$  и влажности  $e=2,8$  мб относительная влажность по отношению к «воде» равна

$$r = \frac{e}{E} 100\% = \frac{2,8}{2,86} 100 = 98\%.$$

$E$  для воды при температуре  $-10^\circ$  равно  $2,86$  мб (см. приложение 5), т. е. над водой водяной пар еще не достиг состояния насыщения (100%).

Максимально возможная упругость водяного пара над льдом при температуре  $-10^\circ$  равна  $2,60$  мб (приложение 5). Следовательно, влажность в  $2,8$  мб будет перенасыщать пространство над ледяной поверхностью. Поэтому, если батист покрыт льдом, водяной пар начнет конденсироваться на батисте, выделяя тепло, что и повысит показания смоченного термометра.

Вычисление влажности по показаниям станционного психрометра. Вычисление упругости водяного пара и относительной влажности по показаниям психрометра может быть произведено по формуле (3.9) при  $A=0,0007947$

$$e = E_1 - 0,0007947 (t - t_1) p \quad (4.9a)$$

для упругости водяного пара и по формуле (4.3) для относительной влажности.

На метеорологических станциях вычисление влажности производится не по формулам, а при помощи специальных психрометрических таблиц, которые ускоряют процесс вычисления влажности. Эти таблицы составлены на основании психрометрической формулы (4.9a) и содержат в себе ряд граф по четыре столбца цифр. В каждую графу включены данные для определенного значения температуры воздуха по сухому термометру  $t$ , для которой произведены вычисления. В первом столбце каждой графы приведены значения температуры воздуха по смоченному термометру  $t'$ , а в последующих трех — упругость  $e$ , относительная влажность  $r$  и дефицит влажности  $\alpha$ , вычисленные по формулам (4.9a) для давления  $p=1000$  мб, (4.3) и (4.7). В первой и последней графах на каждой странице даны числа  $n$ , равные десятикратно увеличенным поправкам  $\Delta t'$ , которые следует

вести к показаниям смоченного термометра психрометра в тех случаях, когда влажность измерения при давлении 500 мб. Поправка  $\Delta t'$ , которую нужно ввести в показания смоченного термометра стационарного психрометра при любом давлении  $p$ , может быть определена по формуле

$$\Delta t' = \frac{n}{10} \frac{1000 - p}{500}.$$

На практике это делается с помощью вспомогательной таблицы (табл. 1а) психрометрических таблиц, в которой приводятся заранее вычисленные значения  $\Delta t'$  для всех возможных  $n$  при давлении от 550 до 1000 мб.

Найдя поправку  $\Delta t'$ , исправляют показания смоченного термометра и по исправленной величине, снова обращаясь к указанной табл. 1, находят значения  $e$ ,  $r$  и  $d$  (см. пример).

*Пример.* Пусть при измерениях в психрометрической будке получены исправленные значения  $t=15,0^\circ$ ,  $t'=11,2^\circ$ . Давление атмосферы в момент измерения влажности равно 950,5 мб.

По психрометрическим таблицам в табл. 1 находим графу «15,0°» (см. психрометрические таблицы, стр. 82). В этой графе в строке, соответствующей  $t'=11,2^\circ$  (табл. 4.1), находим  $n=9$ .

Таблица 4.1

$n$	$t'$	$e$	$r$	$d$
		15,0		
9	11,0	10,0	58	7,1
9	11,1	10,1	59	7,0
9	11,2	10,3	60	6,8
9	11,3	10,4	61	6,7

В табл. 1а (стр. 244 психрометрических таблиц, табл. 4.2) для стационарного психрометра по давлению 950,5 мб и  $n=9$  находим поправку к смоченному термометру  $\Delta t=0,1$ . По знаку поправки, указанному в табл. 1а (в данном случае плюс), поправку прибавляем:  $t' + \Delta t' = 11,2^\circ + 0,1^\circ = 11,3^\circ$ .

Таблица 4.2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
950	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1 0
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2 10
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3 20
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4 30
	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5 40

Снова обращаясь к табл. 1 психрометрических таблиц, по значениям  $t'=11,3^\circ$  и  $t=15,0^\circ$  находим  $e=10,4$  мб,  $r=61\%$ ;  $d=6,7$  мб.

В зимнее время при температуре воздуха ниже  $-10^{\circ}$  наблюдения по смоченному термометру прекращаются.

**Психрометр аспирационный.** Этот прибор весьма удобен для работы в экспедиционных условиях, так как он портативен и не требует специальных защитных установок (будки). Принцип действия аспирационного психрометра совершенно такой же, как и станционного. Однако существенным отличием и большим его преимуществом является то, что в аспирационном психрометре скорость движения воздуха у резервуаров термометров постоянна (2 м/сек), тогда как у станционного психрометра она зависит от скорости ветра у будки. Постоянство скорости движения воздуха в аспирационном психрометре достигается искусственной вентиляцией.

Устройство аспирационного психрометра. Два специальных (см. гл. 2) термометра 1 и 2 (рис. 4.4) укреплены в металлической оправе, состоящей из трубки 3, раздваивающейся книзу, и планочных защит 4. К нижней раздвоенной части трубки 3 с помощью пластмассовых втулок 5 и 6 прикреплены две трубки 9 и 10, являющиеся защитой резервуаров термометров. Верхний конец трубки 3 соединен с аспиратором 7, просасывающим наружный воздух через разветвление трубки 9 и 10 мимо резервуаров термометров.

Аспиратор 7 имеет пружинный механизм, который и приводит во вращение вентилятор. Пружина заводится ключом 8.

Внутренние трубки 11 и 12 удерживаются при помощи трех лапок, опирающихся на края наружных трубок 9 и 10. Чтобы между наружными трубками 9, 10 и внутренними 11, 12 не было контакта и тепло не передавалось путем теплопроводности, под лапки трубок 11 и 12 подкладываются тонкие эбонитовые или целлулоидные кольца. Резервуар одного из термометров (правый, 2) обвязан батистом, коротко обрезанным под резервуаром. Весь прибор никелирован и отполирован. Психрометр снабжается особым железным крюком-подвесом 15 для крепления психрометра.

Психрометр аспирационный не требует какой-либо дополнительной защиты и может устанавливаться совершенно открыто, так как на правильность показаний этого прибора прямая солнечная радиация не влияет. Это достигается хорошей полировкой его поверхностей, обеспечивающей значительное отражение солнечных лучей, благодаря которому прибор мало нагревается. Кроме того, кольца 5 и 6 из теплоизоляционного материала отделяют трубки 9 и 10, окружающие резервуары термометров, от всей массы прибора. При работе с психрометром аспирационным следует обращать особое внимание на сохранность его полировки, исправность защитных трубочек и постоянство скорости аспирации.

Даже небольшие повреждения психрометра или нарушение правил обращения с ним могут привести к значительным погрешностям измерения.

Измерения по психрометру. Психрометр устанавливают в том месте, где определяется влажность, зимой за 30 мин, а летом за 15 мин до момента отсчета. Смачивание термометра,

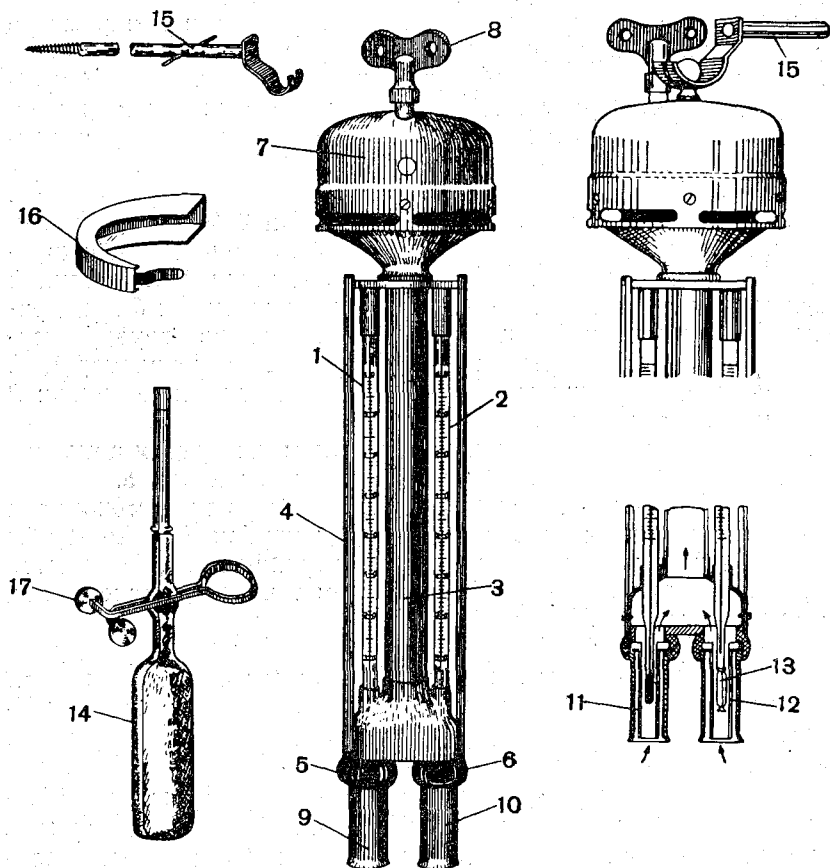


Рис. 4.4. Аспирационный психрометр.

обязанного батистом, зимой производят за 30 мин, а летом за 4 мин до отсчета. Прямые солнечные лучи не должны попадать на термометры.

Для смачивания термометра пользуются резиновой грушей 14 с пипеткой (рис. 4.4), прилагаемой к прибору. Ее наполняют дистиллированной водой, затем легким нажимом на грушу доводят воду в стеклянной пипетке до черты (если черта отсутствует, то подводят воду не ближе чем на один сантиметр от края) и



удерживают ее на этом уровне при помощи зажима 17. Потом осторожно вводят пипетку в трубочку, где находится резервуар термометра, обвязанного батистом. Выждав некоторое время (3—5 сек) для того, чтобы батист пропитался водой, открывают зажим и тем самым опускают воду в грушу. При этом нужно остерегаться, чтобы не произвести нажим на грушу, так как от этого вода может попасть по соединительной трубке на сухой термометр, а также смочить стенки защитной трубки у смоченного термометра, отчего наблюдения будут ненадежными.

Зимой, как и в стационарном психрометре, термометр смачивают для того, чтобы корка льда на батисте растаяла. Смочив термометр, при помощи ключа заводят механизм, вращающий вентилятор, который в момент отсчета должен работать полным ходом. Поэтому зимой за 4 мин до отсчета нужно произвести вторичный завод механизма.

При производстве отсчетов сначала следует быстро отсчитать десятые доли градуса по сухому и смоченному термометрам, записать результаты и только после этого уже отсчитать и записать целые градусы. При этом необходимо строго следить, чтобы во время отсчетов ветер дул по направлению от прибора на наблюдателя. Такая предосторожность необходима потому, что у аспирационного психрометра происходит засасывание наружного воздуха и, если не принять соответствующих мер, результаты наблюдений могут быть искажены.

Зимой при отрицательных температурах после отсчета необходимо убедиться, что на батисте термометра находится «лед» или «вода», как это было указано для стационарного психрометра.

При сильном ветре скорость аспирации нарушается вследствие затруднения выброса воздуха из вентилятора. Чтобы исключить это, на аспиратор 7 надевают с наветренной стороны (откуда дует ветер) особую ветровую защиту 16 (рис. 4.4), прилагаемую к психрометру. Защиту следует обязательно надевать на вентилятор уже при скоростях ветра более 3 м/сек.

Аспирационный психрометр является лучшим метеорологическим прибором для определения температуры и влажности воздуха при положительной температуре.

Хорошие результаты с помощью аспирационного психрометра получаются только в том случае, если строго соблюдаются правила измерений. Достоинство прибора заключается в его искусственной вентиляции, однако при неумелом обращении с прибором искусственная вентиляция может служить источником ошибок. Действительно в аспирационном психрометре воздух засасывается в трубку, и поэтому если расположить прибор вблизи какой-либо поверхности, сильно нагретой или значительно увлажненной, то в психрометр будет засасываться воздух, имеющий соприкосновение с этой поверхностью, и в результате измерения будут получены искаженные значения температуры

и влажности. На установку аспирационного психрометра следует обращать особое внимание. Прибор лучше всего устанавливать на отдельном специальном столбе всегда с наветренной его стороны, чтобы воздух шел от прибора к столбу. Для этой цели на четырех диаметрально расположенных сторонах столба заранее делают отверстия, в которые можно ввинчивать крюк-подвес. При измерениях крюк-подвес следует ввинчивать в отверстие, более близкое к наветренной стороне столба, причем наблюдатель при отсчетах должен находиться в таком положении, чтобы не оказывать влияния на показание прибора (с подветренной стороны).

Проверка аспирационного психрометра в условиях станции. При вычислении влажности по аспирационному психрометру скорость обтекания воздуха около приемников термометров принимается равной  $2 \text{ м/сек}$ , поэтому необходимо, чтобы скорость аспирации у резервуаров термометров в психрометре всегда была близка к  $2 \text{ м/сек}$ . Проверка скорости аспирации производится в поверочных учреждениях на специальной установке. Однако у каждого аспирационного психрометра из-за загрязнения или износа деталей аспиратора скорость аспирации со временем может изменяться, а поэтому время от времени ее следует проверять. На станциях это делают косвенно, путем определения скорости вращения барабана с заводной пружиной, установленного в головке аспирационного психрометра. Для этой цели заводят пружину и ожидают появления в окошечке головки прибора метки — стрелки, нанесенной на барабане пружины. Если стрелка долго не появляется, то в момент ее появления снова заводят пружину до отказа. Когда вертикальная риска на барабане совпадает с вертикальной риской на окошечке, отмечают время. Дождавшись следующего совпадения рисков на барабане и в окошечке, определяют с точностью до одной секунды время одного оборота барабана и сравнивают его с временем, указанным в поверочном свидетельстве. Если продолжительность оборота барабана пружины оказывается больше на  $5 \text{ сек}$ , чем указано в поверочном свидетельстве, значит вентиляция слаба. Если в поверочном свидетельстве таких данных нет, то можно руководствоваться средней цифрой  $80\text{—}95 \text{ сек}$  (однако без большой уверенности, так как приборы изготавливаются с различными заводными механизмами). Такую проверку необходимо производить время от времени и обязательно в случае установки в механизм новой пружины. Продолжительность действия механизма, вращающего вентилятор, составляет  $8\text{—}10 \text{ мин}$ .

Уход за прибором. Для правильной работы аспирационного психрометра необходимо следить за чистотой батиста и своевременной его сменой. Чтобы перевязать батист, следует отвинтив от трубки головку аспиратора 7 (рис. 4.4), вынуть из

оправы смоченный термометр. Повязка батиста на термометр производится, так же как и для станционного психрометра для зимнего времени, т. е. батист подрезается непосредственно под резервуаром термометра.

В целях предохранения покрытия оправы прибора от порчи рекомендуется психрометр всегда держать в футляре, избегать прикосновения потными руками, предохранять от запотевания, царапин и т. д. После наблюдений прибор обязательно протирается чистой тряпкой. Заводить пружину аспиратора надо осторожно, особенно в конце завода, так как иначе можно ее сорвать.

Вычисление влажности по аспирационному психрометру. Скорость аспирации в психрометре аспирационном отличается от скорости обтекания воздуха, принятой при вычислении таблиц для станционного психрометра, поэтому без введения дополнительных поправок нельзя пользоваться этими таблицами при вычислении влажности по отсчетам по аспирационному психрометру.

Влажность по аспирационному психрометру определяется по формуле (4.9) при  $A_1 = 0,000662$

$$e' = E_1 - 0,000662(t - t_1)p. \quad (4.96)$$

Вычисление влажности на практике производят по психрометрическим таблицам в том же порядке, как и для станционного психрометра. Различие состоит только в том, что поправку  $\Delta t$  по  $n$  находят в табл. 1а для аспирационного психрометра, составленной исходя из формулы

$$\Delta t' = \frac{n}{10} \frac{(A 1000 - A_1 p)}{A 500} = \frac{0,7974 - 0,000667p}{0,7974} n.$$

**Аспирационный психрометр с электромотором.** У таких аспирационных психрометров вентилятор приводится в действие электромотором. Размеры и внешний вид этого психрометра такие же, как у обычного аспирационного. К мотору, помещаемому в головке психрометра, питание подводится при помощи шнура с вилкой, прикрепленного к защитному кожуху головки психрометра. Психрометры выпускаются с моторами переменного тока 127 и 220 в. Скорость вентиляции у резервуаров термометров этого психрометра составляет 2—3 м/сек. Такая модель аспирационного психрометра в ряде случаев (как, например, при измерении влажности воздуха в закрытых малодоступных камерах) является более удобной, чем психрометр с пружинным механизмом.

## Гигрометры

**Волосной гигрометр (МВ-1).** Гигроскопические свойства волоса. Способность обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину при изменении влажности окружающего воздуха была известна уже давно. Еще в 1783 г. Соссюр впервые построил гигрометр, у которого приемником служил обезжиренный волос.

Общее удлинение волоса при изменении относительной влажности от 0 до 100% составляет 2,5% его длины. Изменения длины волоса при изменении относительной влажности происходят нелинейно.

Если обозначить через  $\Delta L$  общее удлинение волоса (при изменении влажности от 0 до 100%) длиной  $L$  см, то оно в зависимости от изменения влажности распределяется следующим образом (данные, полученные Гей-Люссаком для промежуточных удлинений в процентах от  $\Delta L$ ):

Относительная влажность, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Удлинение во- лоса, % от $\Delta L$	0	20,9	38,8	52,8	63,7	72,2	79,2	85,2	90,5	95,4	100

Если бы изменение длины всех волос, употребляемых на гигрометрах, строго следовало бы закономерности, найденной Гей-Люссаком, то вся регулировка гигрометра сводилась бы к подгонке рабочей длины взятого волоса, т. е. необходимо было бы только подгонять его так, чтобы изменение длины волоса при изменении влажности укладывалось в шкалу гигрометра. Однако на практике подбор волос для гигрометра составляет весьма трудную задачу, так как очень много волос не подчиняется найденной Гей-Люссаком зависимости и дает большие отклонения от нее (обычно при влажности 83—85%).

Как показали исследования, особенно большие отклонения от правильного хода изменения длины волоса дают волосы, подвергающиеся большой деформации (растяжению), хотя бы и кратковременной. В некоторых случаях, если деформация не была чрезмерной, удается восстановить нормальный ход удлинения волоса (в зависимости от влажности) путем помещения его на некоторое время без всякой нагрузки в пространство, насыщенное водяным паром.

Чувствительность волоса в значительной степени зависит от технологии его обработки. С течением времени волос теряет свою чувствительность, однако весьма затруднительно указать продолжительность срока его службы, так как работоспособность волоса зависит как от качества волоса, так и от ухода за ним.

Устройство волосного гигрометра (рис. 4.5). На металлической рамке 1 длиной около 27 см укреплен обезжиренный человеческий волос 2. Верхний конец волоса закреплен на особом винте-регуляторе, который находится в верхней части металлической рамки. Нижний конец волоса 2 при помощи деревянного штифта 1 (рис. 4.6а) и шеллака или цапонлака за-

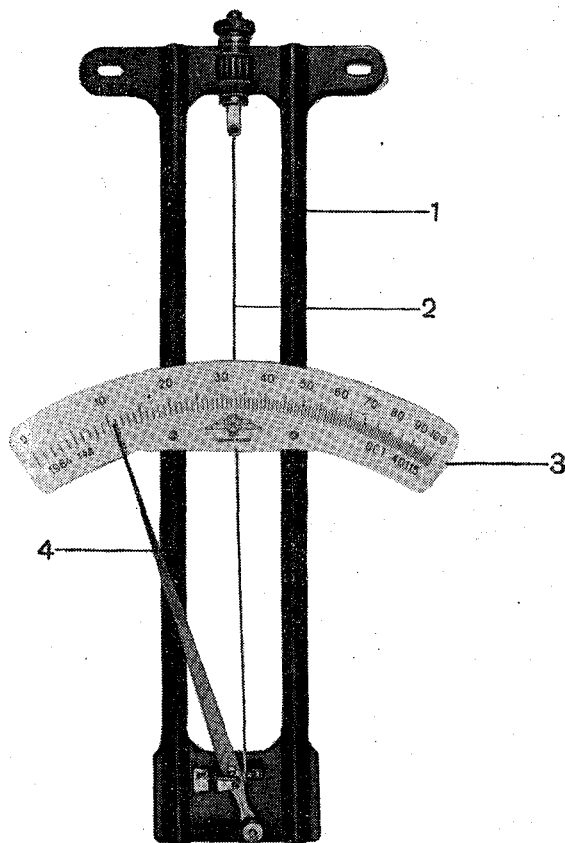


Рис. 4.5. Волосной гигрометр.

креплен в отверстии, расположенном на металлической дужке 3. Дужка 3 висит на металлическом стерженьке 4, имеющем на конце грузик 5, натягивающий волос. Стерженьек 4 входит в отверстие оси 6, на которой сидит стрелка 4 (рис. 4.5), и закреплен в нем винтом 7 (рис. 4.6а). Путем перестановки стерженька 4 в оси можно менять чувствительность гигрометра, так как при этом меняется длина рычага, перемещающего стрелку. В середине вертикальных стоек (рис. 4.5) укреплена шкала 3, по

которой перемещается конец стрелки 4. При помощи винта-регулятора 8 (рис. 4.6 б, в) можно устанавливать стрелку на любом делении шкалы. Для этой цели сначала освобождают контргайку 9, после чего поворачивают гайку 10. Когда стрелка гигрометра установится на нужном делении шкалы, снова закрепляют контргайку 9. На шкале нанесены 100 неравномерных (постоянно уменьшающихся) делений от 0 до 100. Отсчеты по шкале производятся с точностью до целого деления.

При увеличении относительной влажности волос удлиняется и стрелка прибора идет вправо, при уменьшении — стрелка отходит влево.

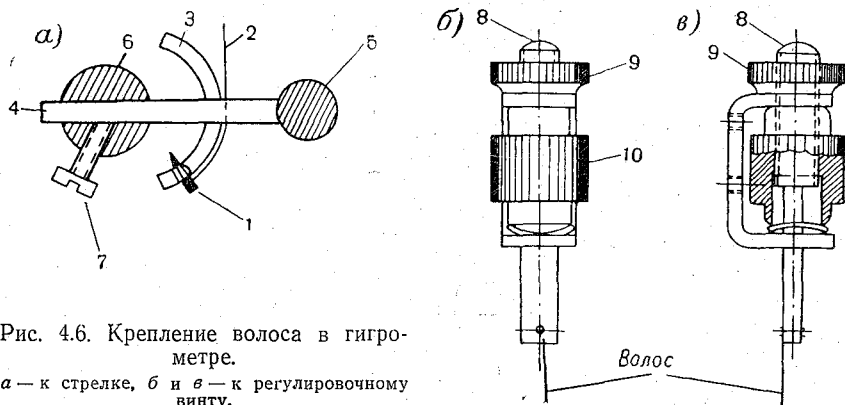


Рис. 4.6. Крепление волоса в гигрометре.

а — к стрелке, б и в — к регулировочному винту.

Волосной гигрометр устанавливается в психрометрической будке вместе с психрометром и крепится на штативе между сухим и смоченным термометрами.

Отсчеты по волосному гигрометру делают в целых делениях его шкалы непосредственно после отсчетов по психрометру с тем, чтобы промежуток времени между этими отсчетами был наиболее коротким.

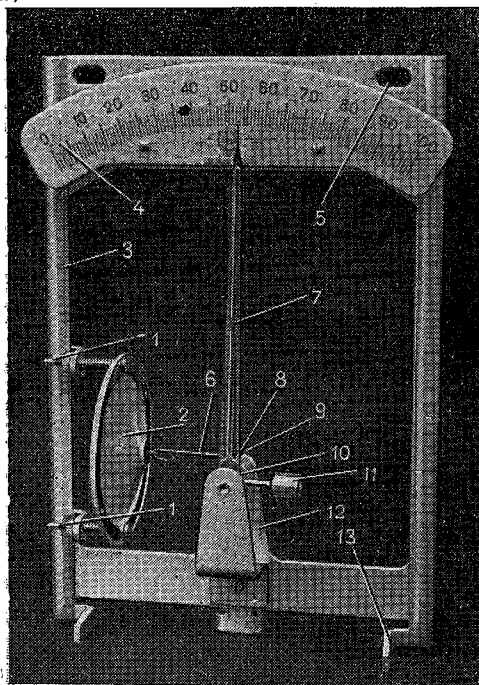
Чтобы получить правильный отсчет по волосному гигрометру, необходимо каждый раз проверить, не испытывает ли ось стрелки большого трения в цапфах. Для этой цели после отсчета отводят карандашом стрелку гигрометра немного влево и проверяют, возвращается ли стрелка в начальное положение. Кроме того, необходимо проследить, чтобы стрелка гигрометра не была слишком отдалена от шкалы, так как из-за этого могут увеличиваться ошибки в отсчетах, особенно значительные при больших влажностях.

Каждый изготовленный волосной гигрометр подвергается проверке на пригодность использования его в качестве измерительного прибора. Поверенный гигрометр снабжается поверочным свидетельством, в котором указывается время проверки.

В свидетельстве не содержится каких-либо поправок к гигрометру.

Волосные гигрометры имеют ряд недостатков, поэтому ведутся непрерывные изыскания более надежных приборов для измерения влажности воздуха, в частности, изыскания новых чувствительных элементов для этих датчиков. Так, наряду с волосными гигрометрами стали широко применяться гигрометры с чувствительными элементами из органических пленок.

а)



б)

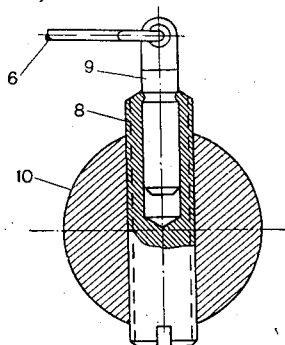


Рис. 4.7. Гигрометр пленочный.

**Гигрометр пленочный (М-39).** Внешний вид гигрометра показан на рис. 4.7а. Гигрометр собран на штампованной раме 3. К ушкам на левой колонке рамы с помощью двух винтов 1 гайками и пружинками крепится кольцо пленочного датчика 2. Жесткий центр датчика с помощью тяги 6 и регулируемого рычага 8 связан с осью 10 стрелки 7. Груз 11, укрепленный с помощью рычага 8 на оси 10, создает нагрузку на центр датчика, поддерживая его в натянутом состоянии.

Ось 10 может свободно поворачиваться в гнездах кронштейнов 12. При повышении влажности пленка расширяется и ось и прикрепленная к ней стрелка 7 под воздействием грузика 11 поворачиваются по часовой стрелке. При понижении влажности

пленка сжимается и с помощью тяги и рычага 8 поворачивает ось 10 и стрелку 7 против часовой стрелки.

Отсчет относительной влажности производится по шкале 4. Шкала равномерная. При регулировке и проверке гигрометра стрелка гигрометра устанавливается на нужном делении шкалы путем перемещения датчика 2 с помощью гаек винтов 1. Регулировка чувствительности гигрометра производится с помощью рычага 8 (рис. 4.7 б), который представляет собой винт, ввернутый в тело оси 10. В верхней части винта 8 завальцован стержень 9, который может свободно вращаться в гнезде винта. К ушку стерженька 9 крепится тяга 6. Для повышения чувствительности гигрометра винт 8 вывинчивается из оси (рычаг укорачивается), для понижения чувствительности — ввинчивается. В верхней части рамки 3 имеются два отверстия 5 для крепления гигрометра в жалюзийной будке. Внизу у рамки имеются лапки 13, позволяющие устанавливать гигрометр на стол при его осмотре и регулировке.

Волосной и пленочный гигрометры не являются абсолютными приборами, но в зимнее время (при температурах ниже  $-10^{\circ}$ ) они являются основными приборами, по которым определяется влажность воздуха. Чтобы получить действительные величины относительной влажности, необходимо в показания гигрометра ввести поправки, которые находят путем сравнения показаний гигрометра с показаниями психрометра в течение 1—1,5 месяца до наступления устойчивых морозов. Эти поправки для разных значений влажности находят графическим методом. Для этого на специальном бланке или на миллиметровой бумаге строят прямоугольные координаты; на оси абсцисс наносят шкалу, начиная от 100%, для значений влажности, полученных по гигрометру; на оси ординат наносят такую же шкалу для значений относительной влажности по психрометру.

По одновременно полученным значениям относительной влажности по психрометру и гигрометру на график наносят точки<sup>1</sup> (рис. 4.8). Если точки в отдельных случаях будут совпадать, то они отмечаются черточками по числу совпадений. Если гигрометр и психрометр были исправными и измерения проводились правильно, то все точки располагаются довольно узкой полосой; в этой полосе на глаз можно определить среднюю линию, относительно которой точки располагаются по обе стороны равномерно. Линию проводят от руки карандашом. Пользуясь этим графиком, для любого показания гигрометра можно найти соответствующее значение относительной влажности.

---

<sup>1</sup> В зависимости от числа дней в месяце на графике может быть 124, 120, 116 и 112 точек.



Для более удобного пользования графиком обыкновенно составляют переводную таблицу (рис. 4.8).

В таблице в крайней левой графе (десятки) и в верхней строке (единицы) дается шкала гигрометра. На пересечении данной графы и строки приведены соответствующие величины относительной влажности, снятые с кривой графика. Например,

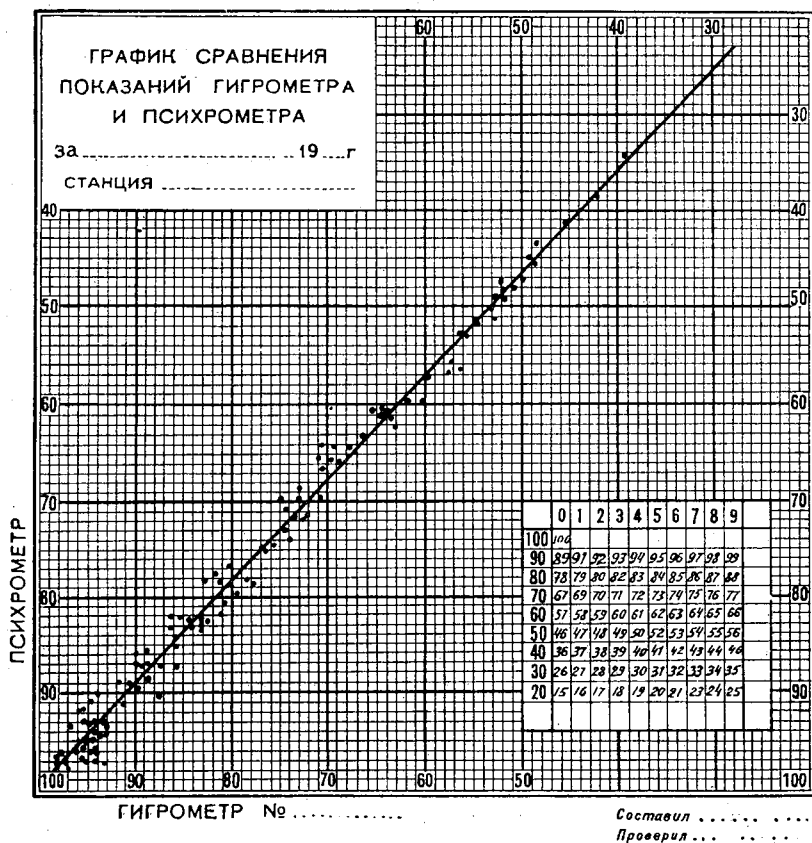


Рис. 4.8. График для вычислений поправок к гигрометру.

для отсчета по гигрометру «43» находим исправленную влажность 39%; отсчету «83» соответствует исправленная влажность 82%.

Ввиду этого необходимо обращать особое внимание на исправное действие гигрометра и приводить его в порядок не позже чем за 2—3 месяца до наступления морозов, чтобы успеть получить поправки для психрометра на время зимы.

При потере гигрометром чувствительности от сильного загрязнения волоса последний необходимо промыть. Для этой цели, не открепляя конец волоса, освобождают ось со стрелкой и погружают волос в дистиллированную воду, налитую в плоскую тарелку. Продержав волос в воде 20—30 мин, мягкой кисточкой несколько раз проводят по волосу, погруженному в воду, остерегаясь вытягивания волоса. После этого снова собирают прибор и, дав обсохнуть волосу в обычных комнатных условиях, устанавливают его в будке. Такую чистку волоса можно проделявать только летом или осенью, до определения его поправки. В зимнее время чистить и регулировать гигрометр нельзя, это может изменить его поправку.

В зимнее время гигрометр часто покрывается изморозью, льдом или снегом. В этих случаях гигрометр приходится снимать и переносить в теплое помещение, чтобы дать ему оттаять и обсохнуть. При этом нельзя помещать гигрометр вблизи огня. При переноске гигрометра из будки в жилое помещение нужно быть весьма осторожным, чтобы не порвать волос и не растянуть его. Лучше всего при переноске гигрометра отвести стрелку влево и прижать ее пальцем к шкале.

Не следует прибегать к механической очистке волоса — это может вызвать растяжение или обрыв волоса.

### Регистрация влажности воздуха. Гигрографы

Для непрерывной регистрации изменений влажности воздуха служат гигрографы. Гигрографы изготовляются двух видов: волосные (чувствительный элемент — человеческий волос) и пленочные (чувствительный элемент — органическая пленка). И те, и другие выпускаются суточными (с часовым механизмом, обеспечивающим один оборот барабана за 26 час) и недельными (оборот барабана 176 час). Корпуса гигрографов пластмассовые, так же как у термографов.

На рис. 4.9 а показан гигрограф волосной. Основание корпуса 1 служит для крепления платы с механизмом гигрографа. Вне корпуса находится кронштейн, несущий пучок волос, защищенный от повреждений укрепленным на задней стенке ограждением 3. Крышка 2 имеет три прозрачные стенки, обеспечивающие возможность осмотра хода записи на ленте барабана 4. Механизм гигрографа (со снятым барабаном) показан на рис. 4.9 б. На передней части плато укреплен ось 5 для барабана с часовым механизмом. Пучок волос 12 с двух концов закрепляется в цапфах кронштейна 13. Середина пучка надета на крючок 11, который связан с рычагом 10, сидящим на одной оси с кулачком 9, имеющим на конце грузик 8. Под воздействием веса кулачка 9 и грузика 8 пучок волос 12 находится в натянутом состоянии, а кулачок 9 прижимается к кулачку 7. Кула-

чок 7, укрепленный на одной оси со стрелкой пера 6, всегда прижат к кулачку 7 (так как моменты силы тяжести стрелки 6 с надетым пером несколько больше, чем кулачка 7). При увеличении относительной влажности пучок волос удлиняется, нагружая рычаг, с которым он соединен крючком 11; при этом

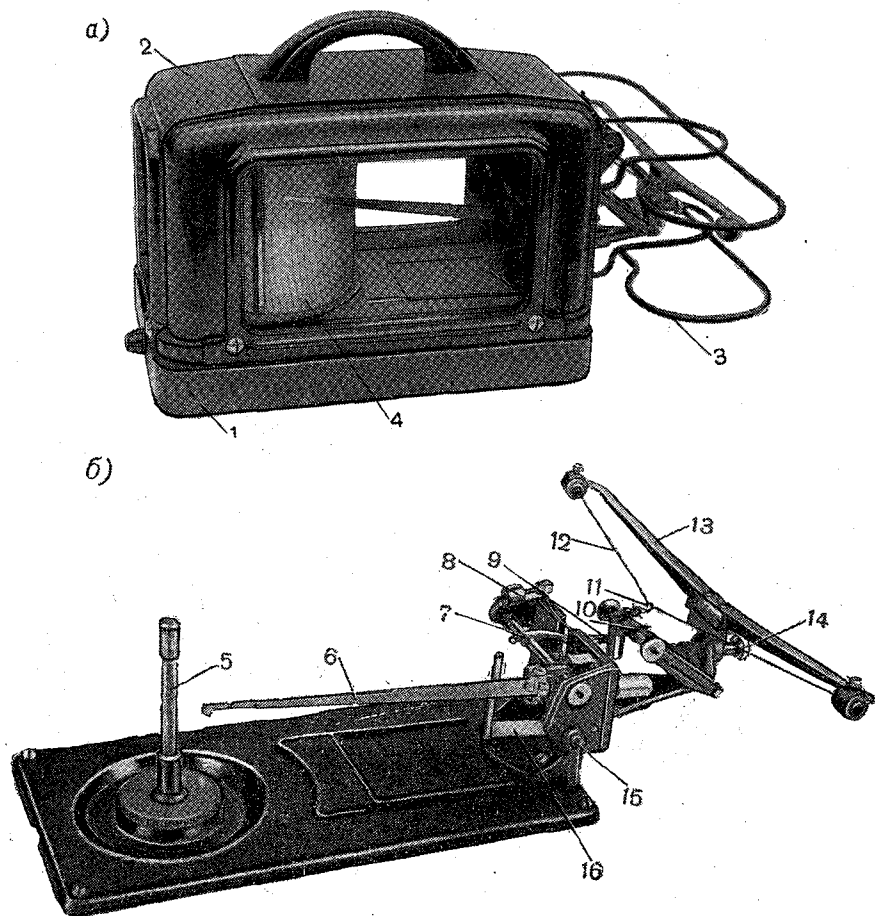


Рис. 4.9. Гигрограф волосной (а), механизм гигрографа (б).

кулачок 9 и противовес 8 своим весом давят на кулачок 7, перемещая его вниз, а стрелку 6 с пером — вверх по ленте барабана. При уменьшении влажности волос сокращается, нагружает рычаг 11 и поднимает кулачок 9, разгружая кулачок 7, который под воздействием веса рычага 6 с пером поднимается кверху до упора в кулачок 9. При этом рычаг 6 с пером перемещается вниз по ленте барабана.

**Гигрограф М-32.** Внешний вид гигрографа показан на рис. 4.10 *а*. Он выпускается в стандартном для самописцев пластмассовом корпусе. Пленочный датчик 7 (рис. 4.10 *б*) закреплен в кронштейне 6. Кронштейн 6 в свою очередь крепится к основному кронштейну 5 платы 12. С помощью тяги 9 жесткий центр

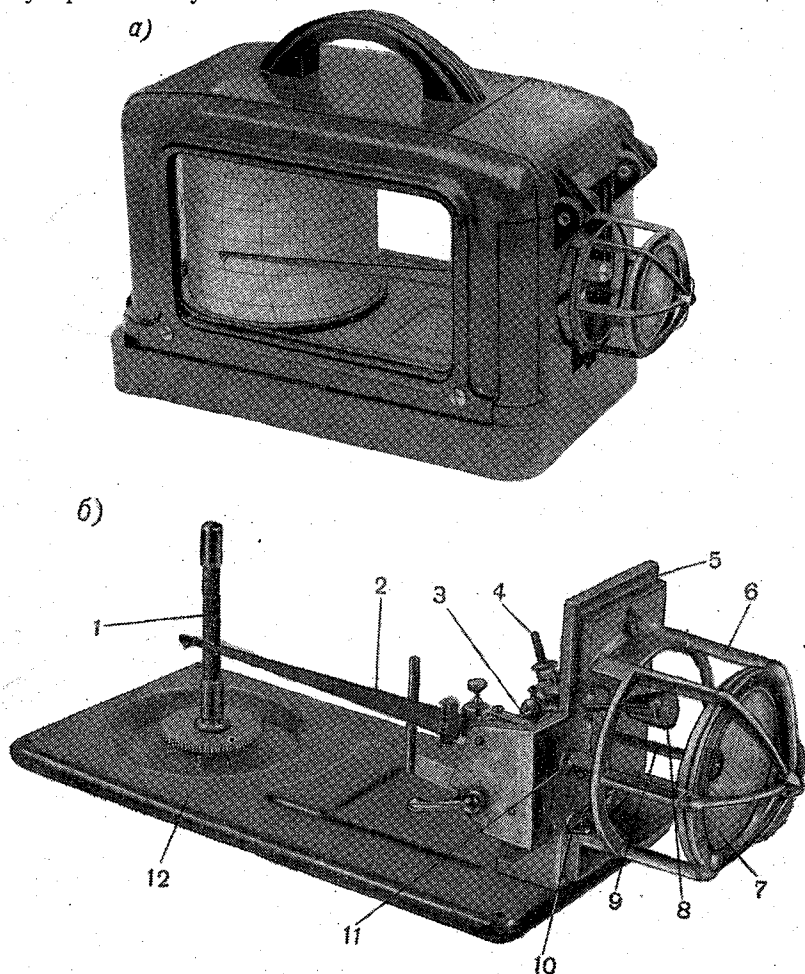


Рис. 4.10. Гигрограф пленочный (*а*), механизм гигрографа (*б*).

датчика 7 связан с регулируемым рычагом 4. Удлиняя рычаг 4 (со стороны крепления тяги 9), уменьшают чувствительность гигрографа, укорачивая, — повышают.

Рычаг 4 через ось 3 жестко связан со стрелкой 2, на которую надевается перо. Груз 8 через ось 3, рычаг 4 и тягу 9 поддерживает пленку датчика в натянутом состоянии. С помощью

рукоятки 10 рычаг 11 может быть повернут до упора его в рычаг груза 8, тем самым прибор арретируется и исключается возможность обрыва пленки датчика при искусственном перемещении пера. Барабан с часовым механизмом надевается на ось 1.

Устройство других деталей этого гигрографа не отличается от устройства соответствующих деталей ранее описанного волосного гигрографа.

Обработка записей на ленте гигрографа несколько отличается от обработки лент термографа. Разбивка записи на ленте гигрографа на часы производится таким же образом, как и на лентах термографа. Введение поправок к записи производится с помощью графика, составленного на основании сравнительных данных значений относительной влажности в срочные часы, полученных по психрометру, и значений, снятых с лент гигрографа с точностью до 1%. График строится так же, как для поправок к гигрометру. Для теплого времени года обработка лент ведется ежемесячно с помощью графика, составленного по данным текущего месяца.

В зимние месяцы (при температуре ниже  $-10^{\circ}$ , когда по психрометру влажность не определяется) обработка лент производится с помощью сезонного графика, составленного по данным двух ближайших месяцев (осенних или весенних) до наступления холодного периода или после него. Необходимо также использовать отдельные наблюдения по психрометру, которые могут осуществляться в течение холодного сезона (когда температура воздуха поднимется выше  $-10^{\circ}$ ). Сравнительные данные таких наблюдений наносят на сезонный график (эти точки наносят так, чтобы они отличались от других) и они служат некоторым контролем соответствия сезонной кривой для работы гигрографа в данный зимний месяц.

Психрометры, волосные и пленочные гигрометры далеко не полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к приборам для измерения влажности. Поэтому ведутся интенсивные поиски новых методов измерения влажности воздуха. Разработано значительное число весьма разнообразных методов и приборов, однако ни один из них не пригоден в полной мере для широкого использования при измерениях влажности воздуха в атмосфере.

Ниже дается описание некоторых методов, которые, по-видимому, могут при некоторых условиях оказаться приемлемыми для метеорологических измерений.

### Электролитический гигрометр с подогревом

Этот гигрометр основан на принципе измерения «точки росы» над насыщенным соляным раствором, которая для данной соли находится в известной зависимости от влажности окружающего воздуха; зная эту зависимость, по измеренному значению точки

росы над раствором вычисляют влажность воздуха. Обычно пользуются хлористым литием, обладающим большой гигроскопичностью. Чувствительный элемент гигрометра (рис. 4.11 а) состоит из термосопротивления 1 (обычно это медный или платиновый термометр), на корпус которого надет чулок из стекловолокна 2, пропитанный раствором соли, и двух электродов 3 и 7 из платиновой проволоки, намотанных поверх чулка 2. Концы электродов закреплены в плате 6 (там же закреплены выводы термосопротивления 4 и 5). На электроды 3 и 7 подается напряжение от источника переменного тока.

В процессе измерения влажности происходит следующее. Хлористый литий поглощает водяной пар. Образуется токопро-

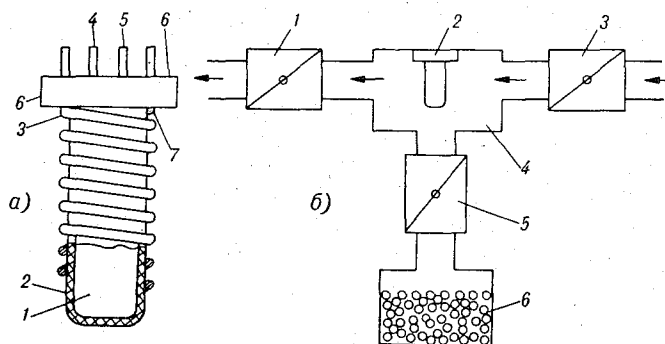


Рис. 4.11. Электролитический гигрометр с подогревом.

водящий раствор, через который между электродами 3 и 7 протекает ток. Выделяемое при этом тепло нагревает чувствительный элемент, и вода с его поверхности начинает испаряться. При постоянном и достаточном напряжении питания (подводимом к электродам 3 и 7) сила тока будет зависеть от количества поступающей на элемент воды, т. е. от влажности воздуха. Чем больше влажность воздуха, тем больше сила тока, протекающего через раствор, следовательно, тем больше нагревается чувствительный элемент. Нагревание чувствительного элемента будет продолжаться до момента установления динамического равновесия, когда количество поглощаемой поверхностью элемента воды из воздуха будет равно количеству воды, испаряемой им. Температура чувствительного элемента достигает значения, при котором давление паров, насыщающих пространство над насыщенным раствором хлористого лития, становится равным парциальному давлению водяного пара атмосферы, т. е. температура чувствительного элемента становится равной точке росы над насыщенным раствором хлористого лития. Температура чувствительного элемента в этом режиме динамического

равновесия достаточно устойчива (постоянна) и измеряется с помощью термосопротивления 1, включенного в измерительную схему.

Во влажном воздухе питание элемента переменным током не должно прерываться. В противном случае непрерывно поглощаемая вода, растворяя хлористый литий, стекает вместе с ним с чувствительного элемента и элемент разрушается. Непрерывное питание элемента не всегда может оказаться приемлемым. Кроме того, этому мешает недостаточная долговечность элемента. Эти обстоятельства до последнего времени не позволяли использовать гигрометр для метеорологических измерений. В. А. Усольцевым предложена конструкция электролитического гигрометра с подогревом, в которой эти недостатки частично исключены. Чувствительный элемент хранится в сухом воздухе и используется только во время измерений. (Схематически это показано на рис. 4.11 б.) Чувствительный элемент 2 помещен внутри измерительной камеры 4, через которую при измерении влажности принудительно проходит исследуемый воздух. Воздух предварительно очищается системой фильтров. Между измерениями входное и выходное отверстия измерительной камеры 4 герметически закрываются клапанами 1 и 3, а клапан 5 открывает герметически закрытую во время измерений камеру 6, в которой находится цеолит (влагопоглощающее вещество). Воздух измерительной камеры и чувствительный элемент становятся практически абсолютно сухими.

Процесс измерения занимает около 10 мин, так как время, необходимое для поглощения влаги чувствительным элементом до установления равновесного состояния, достаточно велико.

### Кулонометрические гигрометры

Измерение влажности воздуха с помощью гигрометров этого типа основано на принципе извлечения с помощью гигроскопического вещества водяного пара из воздуха и разложения извлеченной воды путем электролиза. При этом количество электричества в соответствии с законом Фарадея является мерой количества разложенной воды, следовательно, и количества извлеченного из воздуха водяного пара. Поглощение и электролиз воды могут происходить одновременно. Если этот процесс стационарен (количества поглощаемой и разлагаемой воды равны), то мерой влажности может являться сила тока электролиза, а метод измерения влажности может быть назван амперометрическим. Количество электричества (в первом случае) и сила тока (во втором) будут зависеть от количества (объема) воздуха, из которого извлекается водяной пар. Чем больше объем, тем больше воды. Поэтому, для того чтобы измерить

влажность воздуха, нужно знать объем воздуха, прошедший через поглотитель водяного пара в единицу времени.

Указанные методы имеют много разновидностей и на их принципе создано много приборов. Здесь будет описан только один из них, разработанный С. К. Крупенькиным.

**Диффузионный амперометрический гигрометр.** Датчик этого гигрометра состоит из камеры 1 (рис. 4.12), внутри которой помещен чувствительный элемент гигрометра. Чувствительный элемент состоит из двух несприкасающихся электродов 2 и 3 из тонкой платиновой проволоки, навитой в виде двухзаходной винтовой линии на каркас из изолятора (стекло или фторопласт-4). В зазоре между электродами на поверхность изолятора нанесена пленка 4 фосфорного ангидрида  $P_2O_5$ . Электроды закреплены на каркас и с помощью проводников электрически соединяются с контактными выводами 5 и 6. К этим выводам подключается батарея питания датчика и измерительный прибор — миллиамперметр. Камера 1 сообщается с окружающим воздухом только через малое отверстие 7.

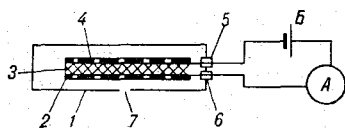
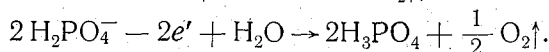
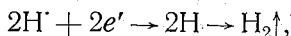
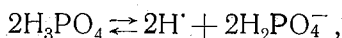


Рис. 4.12. Схема амперометрического диффузионного гигрометра.

Фосфорный ангидрид интенсивно поглощает водяной пар воздуха, образуя фосфорную кислоту:  $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ . Давление водяного пара под фосфорным ангидридом порядка  $2 \cdot 10^{-5}$  мм рт. ст., поэтому внутри камеры концентрация молекул водяного пара значительно меньше, чем в окружающем воздухе. Благодаря этому водяной пар через отверстие диффундирует в камеру. Одновременно из камеры через это же отверстие движется встречный поток молекул водорода и кислорода, возникших при диссипации фосфорной кислоты и электролизе воды:



Размером отверстия 7 задается скорость диффузии молекул газа. При стационарном процессе число молекул воды (пара)  $N$ , проникающих внутрь камеры датчика через отверстие, определяется формулой

$$N = A \frac{S}{h} \frac{e}{p} \sqrt{T}, \quad (4.10)$$

где  $A$  — постоянный коэффициент;  $S$  — площадь отверстия 7;  $h$  — глубина отверстия (толщина стенки);  $e$  — давление водяного



пара, содержащегося в воздухе;  $p$  — давление атмосферы;  $T$  — абсолютная температура воздуха.

Зная, что для электролиза каждой молекулы необходимо пропустить в цепи прибора два элементарных заряда  $e'$  (заряд электрона  $e' = 1,6 \cdot 10^{-19}$  к), можно написать уравнение для силы тока электролиза (гигрометра) при установившемся процессе:

$$i = 2e'N$$

или, подставляя значение  $N$  из равенства (4.10), получим

$$i = \frac{2e'AS}{h} \frac{e}{p} \sqrt{T}, \quad (4.11)$$

откуда влажность (парциальное давление водяного пара)  $e$  равна

$$e = Ci \frac{p}{\sqrt{T}}, \quad (4.12)$$

где  $C = \frac{h}{2e'AS}$  — постоянный для данного гигрометра коэффициент.

Для вычисления  $e$  необходимо измерить силу тока  $i$ , а также давление  $p$  и температуру  $T$ . Измерение этих величин можно выполнить с небольшой точностью ( $\pm 1^\circ$  и  $\pm 1$  мб), так как на точность измерения влажности это повлияет незначительно.

Опыт эксплуатации амперометрических гигрометров еще недостаточен. Предполагается, что они могут обеспечить измерения влажности воздуха во всем диапазоне изменения влажности и температуры воздуха в естественных условиях в приземном слое атмосферы.

## ГЛАВА 5

### ИЗМЕРЕНИЕ ОСАДКОВ

#### Виды осадков. Осадкомеры и дождемеры

На метеорологических станциях ведутся наблюдения за всеми видами осадков, причем для одних (снега, крупы, дождя, града) регистрируются время появления и суммарное количество, а для других (росы, инея, твердого налета и пр.) — только время появления и исчезновения.

Твердые и жидкие осадки, определяемые количественно, измеряются толщиной слоя воды, который получился бы на горизонтальной поверхности от выпавших осадков при отсутствии просачивания в землю, стекания и испарения этих осадков.

Толщину слоя выражают в миллиметрах и обычно определяют с точностью до 0,1 мм.

Измерение осадков производится при помощи специальных установок, называемых осадкомерами и дождемерами. Основными частями этих установок являются сосуд (ведро), куда собирают осадки, и защита от ветра, предназначенная для уменьшения завихрения как вокруг ведра, так и внутри него. Ослабить завихрения у ведра необходимо потому, что сильные завихрения могут привести к ошибкам в измерении количества осадков, особенно твердых. Завихрения могут мешать свободному попаданию осадков в ведро, что приведет к занижению результатов измерения; они могут также привести к надуванию твердых осадков (снежинок) в ведро с окружающих предметов и подстилающей поверхности, что может зависеть результаты измерений. Сосуд (ведро) для сбора осадков должен иметь строго определенную приемную площадь. В Гидрометеорологической службе СССР приняты ведра осадкомера с приемной площадью 200 см<sup>2</sup> с планочной защитой.

Измерение количества осадков, попавших в ведро осадкомера, производится с помощью специального измерительного

стакана с делениями. Деления нанесены таким образом, чтобы каждое из них соответствовало объему жидких осадков, составляющих в ведре слой 0,1 мм. Измерительный стакан для осадкомера с приемной площадью ведра  $200\text{ см}^2$  имеет деления по  $2\text{ см}^3$  каждое ( $200\text{ см}^2 \times 0,01\text{ см} = 2\text{ см}^3$ ).

На станциях применяются также приборы для регистрации количества жидких осадков и интенсивности их выпадения. Эти приборы называются пювигрографами или самописцами дождя. Регистрация количества твердых осадков не производится.

**Осадкомер.** Этот прибор разработан В. Д. Третьяковым. Он состоит из двух ведер, крышки, тагана, планочной защиты и измерительного стакана. Общий вид осадкомера показан на рис. 5.1.

Ведро осадкомера имеет форму цилиндра диаметром 159,9 мм; приемная площадь ведра  $200\text{ см}^2$ , высота 40 см.

Внутри ведра впаяна диафрагма, имеющая форму усеченного конуса с отверстием для стока. Для уменьшения испарения осадков из ведра в летнее время отверстие диафрагмы покрывается воронкой с небольшим отверстием в центре. В зимний период воронка вынимается. С внешней стороны к ведру припаян носок для слива в измерительный стакан собранных осадков. Носок закрывается колпачком, прикрепленным на цепочке, припаянной к ведру. Ведро ставится в таган на выступы на внутренней стороне его ножек.

Защита осадкомера состоит из 16 планок, имеющих форму равнобедренной трапеции. Планки изогнуты по специальному шаблону. Верхние концы планок отогнуты во внешнюю сторону и в собранном осадкомере находятся в одной горизонтальной плоскости с верхним срезом сосуда. Планки имеют ушки, сквозь которые проходит кольцевой прут, укрепленный на четырех укосах. Планки расположены на равном расстоянии друг от друга и вверху и внизу стянуты между собой цепочками.

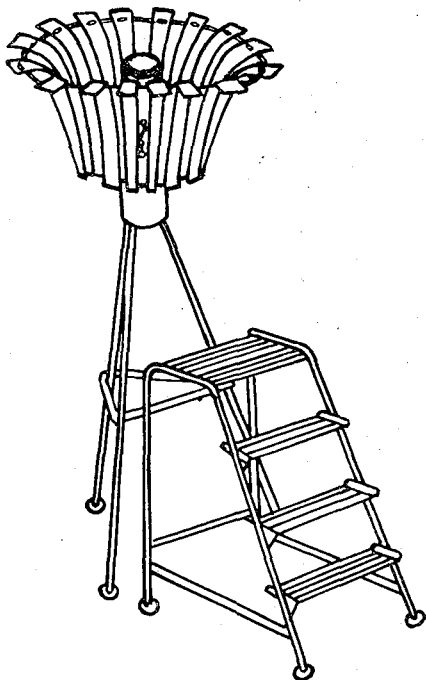


Рис. 5.1. Осадкомер.

Измерительный стакан осадкомера (рис. 5.2), служащий для измерения осадков, попавших в ведро осадкомера, имеет 100 делений.

Цена каждого деления равна  $2 \text{ см}^3$ , что соответствует  $0,1 \text{ мм}$  высоты слоя воды в ведре.

**Установка осадкомера.** Осадкомер устанавливается на деревянном столбе или на специальной металлической подставке так, чтобы высота приемной части осадкомера (верхний срез ведра) над поверхностью земли была равна  $2 \text{ м}$ .

Около осадкомера устанавливается деревянная или металлическая лесенка, которая не должна упираться в столб.

Осадкомер следует устанавливать в таком месте, чтобы в него не могли попасть осадки, сдуваемые с соседних предметов (деревьев, крыш и т. п.). Близко расположенные предметы при ветре могут также мешать свободному попаданию осадков в сосуд, особенно при косом их выпадении. Ввиду этого осадкомер устанавливают так, чтобы расстояние от ближайших окружающих его предметов было во всяком случае не меньше, чем трехкратная высота этих препятствий. При таком удалении осадкомерной установки от окружающих предметов в нее смогут беспрепятственно попасть осадки, падающие под углом около  $63^\circ$ .

Осадкомер не следует устанавливать на совершенно открытом месте, так как в этих условиях наблюдается выдувание из него твердых осадков.

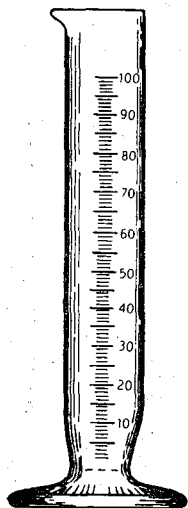


Рис. 5.2. Мерный стакан осадкомера.

Лучшим местом для установки осадкомера является достаточно открытая поляна, окруженная со всех сторон деревьями или строениями. При такой установке осадкомер будет защищен как от выдувания из него собранных

осадков, так и от надувания в него осадков, поднятых с поверхности земли или сдуваемых с окружающих предметов.

В местностях, где высота снежного покрова бывает выше одного метра, следует иметь для установки осадкомера на зимний период второй столб. Последний должен быть на один метр выше столба, используемого в обычных условиях. Осадкомер следует переставлять на запасный столб уже при высоте снежного покрова около  $60 \text{ см}$ .

В зимнее время необходимо следить за тем, чтобы снег не задерживался на планках защиты, что наиболее часто наблюдается при выпадении мокрого снега.

**Измерения по осадкомеру.** Количество выпавших осадков обычно определяется за сутки. На метеорологических

станциях измерения производятся ежедневно два раза в сутки: в 7 и 19 час по местному среднему времени.

Ежедневно в установленные сроки наблюдатель должен взять из помещения второе ведро, закрытое крышкой, прийти к установке, снять со столба стоящее на нем ведро, закрыть его крышкой и на его место поставить принесенное ведро. Возвратившись в помещение с этим ведром, наблюдатель производит измерение осадков, вылив их через носок в измерительный стакан, и записывает их количество в книжку наблюдателей. Если измерение осадков производится зимой, то его следует начинать после того, как снег, находящийся в ведре, растает. При этом образующуюся в ведре воду выливают в измерительный стакан. Отсчет количества осадков производят в целых делениях стакана.

Если осадки не занимают целого деления, то берется деление, к которому уровень воды ближе. Так как вода смачивает стекло, то при измерении осадков следует производить отсчет по нижнему срезу мениска.

Стакан при отсчетах должен стоять вертикально. Число отсчитанных делений стакана наблюдатель заносит в книжку. Если количество вылитой воды из ведра не займет даже половины нижнего деления стакана, то в книжке записывают нуль, который указывает, что осадки были, но в малых количествах. Если же осадков не окажется совсем, то графа «Осадки» в книжке не заполняется. Так как при обработке учитываются дни с осадками, хотя бы и малыми, не следует смешивать эти две записи.

Может случиться, что при измерении осадков в ведре окажется больше 100 делений стакана, тогда измерение следует производить частями, сливая осадки несколько раз в стакан и обязательно каждый раз записывая число отсчитанных делений стакана. Для контроля правильности записи в книжке следует записывать отдельно каждый отсчет и их сумму, указывая в скобках, сколько было наполнений стакана, например:  $83 + 70 + 12 = 165$  (3 раза).

Во время таяния твердых осадков ведро обязательно должно быть закрыто сверху крышкой, а носик для слива — колпачком. При этом не рекомендуется ставить ведро в слишком теплое место, чтобы не произошло значительного испарения осадков. Когда твердые осадки растают, измерение образовавшейся воды производится так же, как жидких осадков.

Измерение осадков необходимо производить каждый день в установленные сроки, хотя бы наблюдателю и казалось, что осадков не было, так как осадки могли выпадать между сроками и наблюдатель этого не заметил (особенно ночью). Записи осадков (в 7 и 19 час) складываются и из книжки наблюдений заносятся в сводную таблицу за месяц, причем в таблице

указывается как сумма, так и оба слагаемых. В месячную таблицу записывают осадки уже в миллиметрах слоя. Поэтому число делений, занесенное в книжку, следует уменьшить в 10 раз и в таком виде записать в графу того дня, в который были измерены осадки.

*Пример.* 12 марта в 7 час было измерено 17 делений стакана, а в 19 час — 38 делений стакана. В месячную таблицу в соответствующие графы за 12 марта вписывают: 1,7 и 3,8, а также и сумму, равную 5,5.

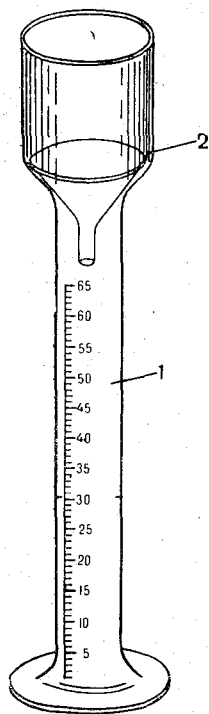


Рис. 5.3. Полевой дождемер.

Исследованиями, проведенными в Главной геофизической обсерватории, установлено, что при измерениях количества осадков с помощью осадкомера допускаются погрешности за счет недоучета смачивания ведра жидкими осадками (или растаявшими твердыми) и испарение их из ведра. Поэтому к результатам измерений с помощью дождемерного стакана вводят поправки: для твердых осадков, выпавших в количестве более 0,5 мм, поправка равна +0,1 мм, для жидких осадков, выпавших в количестве до 0,5 мм, поправка равна +0,1 мм, а при более 0,5 мм она равна +0,2 мм.

**Полевой дождемер.** В некоторых случаях нет необходимости в получении точных данных о количестве осадков. Например, при учете влаги на сельскохозяйственных полях для большинства культур достаточно знать количество выпадающих осадков с точностью до 1 мм.

В таких случаях целесообразно применять весьма простой и дешевый полевой дождемер, предложенный Ф. Ф. Давитая. Он представляет собой стеклянный мерный стакан 1 (рис. 5.3), верхняя часть которого расширена и служит осадкосборным цилиндром с площадью приемной поверхности 30 см<sup>2</sup>. На мерной части дождемера нанесены деления, соответствующие 3 см<sup>3</sup> осадков или 1 мм слоя выпавших осадков. Для уменьшения испарения попавших в осадкомер осадков осадкомер снабжен воронкой 2. Для этой же цели дождемер целесообразно помещать в деревянный защитный кожух, который должен закрывать всю его нижнюю часть до расширения. Кожух должен быть покрашен в белый цвет.

Дождемер и кожух устанавливаются и закрепляются на деревянном столбе или металлической подставке (например, на отрезке трубы).

Для отсчета количества выпавших осадков и выливания осадков после их измерения дождемер может быть извлечен из кожуха путем поднятия его вверх или через дверку, которая должна быть для этой цели сделана в кожухе.

Место установки полевого дождемера должно выбираться с учетом исключения влияния окружающих строений, деревьев и т. п., так же как для осадкомера и дождемера.

Наблюдения по полемому дождемеру производятся ежедневно утром в течение теплого периода года.

Количество выпавших осадков определяется по отсчету деления дождемера, до которого поднялась вода. Если уровень воды стоит между делениями, то берется деление, более близкое к уровню воды.

В том случае, если количество выпавших осадков меньше половины одного деления, то записывается нуль (0), так же как и в том случае, когда осадки совершенно отсутствовали. После записи наблюдений дождемер снимают с подставки, вынимают из него воронку и выливают осадки. Затем снова закладывают воронку и устанавливают его на место.

**Суммарные осадкомеры.** В ряде случаев необходимо вести учет количества осадков, выпадающих вдали от метеорологической станции в ненаселенных и труднодоступных местах. Тогда используют суммарные осадкомеры, дающие возможность измерять сумму выпавших осадков сразу за большой срок — от 3 до 12 месяцев. Такие осадкомеры должны удовлетворять ряду требований. Они должны быть легкими, что обеспечит их доставку для установки в малодоступные районы (например, в горы), прочными и надежными, что позволит им работать значительное время без присмотра и без порчи в случаях замерзания и таяния находящихся в них осадков. Слив осадков из дождемера должен быть удобным.

Имеется несколько видов суммарных осадкомеров, в той или иной мере удовлетворяющих этим требованиям. На рис. 5.4 показан один из них, предложенный М. В. Косаревым (ОСК-2). Этот осадкомер состоит из приемной части в виде трубы 2 с внутренним диаметром 252,2 мм (приемная площадь 500 см<sup>2</sup>), которая соединяется с сосудом для сбора осадков. Сосуд

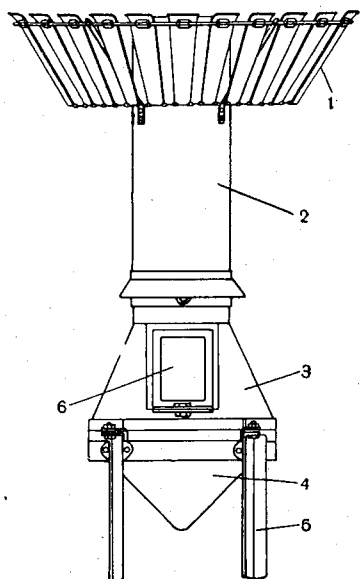


Рис. 5.4. Суммарный осадкомер.

состоит из двух соединяющихся между собой частей: верхней 3, соединенной с приемной трубой 2, и нижней 4. Желательно, чтобы нижняя часть 4 сосуда была рассчитана на вмещение в растаявшем виде всех осадков, которые могут выпасть в месте установки осадкомера за весь срок между измерениями.

Коническая форма нижней части 4 сборного сосуда исключает возможность разрыва ее при замерзании и таянии хранящихся в ней осадков. Верхняя часть сосуда 3 имеет окно, плотно закрывающееся задвижкой 6. Окно служит для выема осадков при измерении.

Вверху к приемной части с помощью укосин прикреплена планочная защита 1, подобная той, которая применяется у обычного осадкомера.

Осадкомер устанавливается на подставке, имеющей четыре ножки 5 из углового железа. При установке ножки 5 закапываются немного в грунт, обкладываются камнями, кроме того, осадкомер укрепляется оттяжками. Верхний край приемной части осадкомера должен находиться на высоте 2 м от поверхности почвы (снега). После сборки осадкомер должен быть проверен на течь (лучше всего с помощью керосина), затем все места соединения отдельных частей промазывают замазкой.

Для предохранения собранных осадков от испарения в осадкомер наливают минеральное масло (2,5 л), которое, будучи легче воды, всплывает на ее поверхность.

В установленные сроки производят измерение осадков. Для этого с помощью паяльной лампы или костра подогревают нижнюю часть сосуда, если в нем имеются твердые осадки, до полного их таяния.<sup>1</sup> Затем открывают люк 6 и с помощью резинового шланга (сифона или резиновой груши с длинным накопечником) переливают воду в запасной сосуд или сразу же измеряют с помощью измерительного стакана. При измерении нужно следить за тем, чтобы в сумму осадков не включить попавшее в стакан вместе с осадками масло. После измерений изъятые вместе с осадками масло должно быть пополнено, окно осадкомера закрыто и замазано, осадкомер осмотрен и подготовлен для сбора осадков до следующего замера.

### Снегомерные наблюдения

Измерение количества осадков с помощью осадкомеров не дает надежных данных для подсчета водного баланса. В зимнее время для этого получают дополнительные данные по снегомерным наблюдениям. Эти наблюдения включают в себя измерения высоты и плотности снежного покрова, определения (вы-

---

<sup>1</sup> Если имеется возможность, лед следует осторожно разбить и собрать в какой-либо сосуд, в котором он будет подвергнут таянию.



числения) запасов воды в нем, наличия и толщины ледяной корки, слоя воды на почве, состояния поверхности почвы (таяя или мерзлая), определение степени покрытости поверхности почвы снегом и характер залегания снежного покрова. Высоту снежного покрова измеряют с помощью снегомерных реек, плотность снежного покрова — с помощью весового снегомера, запас воды в снеге вычисляют по данным плотности и высоты снежного покрова или измеряют с помощью специальных радиоактивных установок, толщину ледяной корки — с помощью линейки с миллиметровыми делениями. Остальные наблюдения над снежным покровом производят визуально.

Различают следующие основные виды наблюдений над снежным покровом:

- 1) ежедневные,
- 2) ландшафтно-маршрутные снегомерные съемки,
- 3) специальные снегомерные съемки.

Рекомендуемые Наставлением сроки проведения этих наблюдений и их объем приведены в таблице.

Наблюдения степени покрытости поверхности почвы, характера залегания и высоты снежного покрова на станции начинают с момента образования до момента полного исчезновения снежного покрова.

Снегомерные съемки в поле производят тогда, когда снегом покрыто не менее  $\frac{1}{2}$  видимой окрестности, а на лесных участках не менее половины площади участка снегосъемки. В балках и оврагах снегосъемки прекращаются с началом весеннего сготаяния. Степень покрытости определяется ежедневно в утренний срок и оценивается по 10-балльной системе (0,01 площади видимой окрестности соответствует одному баллу). Ежедневно же оценивается характер залегания: равномерный (без сугробов), с небольшими сугробами, без оголений, с оголениями, с проталинами, лежит местами.

Высота покрова измеряется ежедневно по трем постоянным снегомерным рейкам на метеорологической площадке. Рейки устанавливаются в середине площадки в вершинах треугольника (близкого к равностороннему) со сторонами около 10 м. Одна из реек устанавливается у почвенно-глубинных термометров (на постах вблизи осадкомера).

Высота снежного покрова вычисляется как среднее арифметическое из отсчетов по трем рейкам.

Постоянные снегомерные рейки устанавливаются на метеорологической площадке осенью до выпадения снежного покрова (после выпадения снежного покрова постоянную рейку устанавливать нельзя, так как при этом нарушится выпавший снежный покров и дальнейшее его залегание будет происходить неправильно).

### Состав и сроки наблюдений над снежным покровом

Вид наблюдений	Снегомерный маршрут			Сроки наблюдений на сети станций и постов	
	длина, м	число точек изме- рений		информационной (снегомерной и агрометеорологической)	не информационный
		высоты снега	плотности снега		
1	2	3	4	5	6

#### I. Ежедневные наблюдения

1. Определение степени покрытия почвы снежным покровом и характера его залегания	—	—	—	Ежедневно	Ежедневно
2. Наблюдения над высотой снежного покрова по трем постоянным рейкам на метеорологической площадке	—	—	—	Ежедневно	Ежедневно

#### II. Ландшафтно-маршрутные снегомерные съемки

3. Снегомерные съемки:					
а) в поле на больших полях (в лесной и лесостепной зоне) и в открытой местности (тундра,	2000	100	10	Зимой 1 раз в 10 дней; перед началом снеготаяния и во время таяния снега 1 раз в 5 дней	Зимой 20-го числа каждого месяца; перед началом снеготаяния и во время таяния снега 1 раз в 10 дней

степь, пустыня) на полях с зябью (на станциях и постах с агрометеорологическим комплексом наблюдений)	1000	100	10	9—10 и 19—20 февраля	
б) в лесу	500	50	5	До 20 января 1 раз в месяц (каждого 20-го числа); далее 1 раз в декаду; во время снеготаяния 1 раз в 5 дней	Зимой 20-го числа каждого месяца; одна съемка для определения максимальных снеготазпасов; в период таяния снега 1 раз в 10 дней
в) в балках и в оврагах (в УГМС: Центральных областей (южнее широты г. Рязань), Центрально-Черноземных областей, Приволжском, Украинской ССР, Северо-Кавказском и Казахской ССР)	500	50—100	—	19—20 января, 19—20 февраля, далее до начала снеготаяния 1 раз в 10 дней (в предпоследний или последний день декады); прекращаются с началом весеннего таяния снега	19—20 января, 19—20 февраля и одна съемка для определения максимальных снеготазпасов

### III. Специальные снегомерные наблюдения

4. Снегомерные съемки на полях со снегозадержанием, только на агрометеорологических станциях	2 000	200	10	9—10 февраля и 19—20 февраля	—
5. Контрольные снегомерные съемки, только по указанию УГМС	10 000	1000	—	Один раз в зиму	Один раз в зиму

Выбрав место, вбивают в землю деревянный заостренный брусок длиной 40—60 см, на котором имеется запиленная ступенька (рис. 5.5). К бруску привинчивают снегомерную рейку, сделанную из деревянного бруска длиной около 2 м, шириной не менее 6 см и толщиной 2,5 см. На рейке нанесена шкала с делениями по сантиметру. При установке нулевое деление рейки совмещают с поверхностью почвы. При отсчетах не следует подходить к рейке ближе, чем на 5—6 шагов, чтобы не нарушить состояние снежного покрова около рейки и более правильно произвести отсчет. При этом обязательно следует производить отсчеты всегда с одного и того же места. Отсчитывают в целых сантиметрах то деление, на которое приходится уровень снежного покрова, лежащего у рейки.

При измерении следует учитывать, что из-за влияния ветра около самой рейки может образоваться воронка. Поэтому глаз лучше всего помещать возможно ближе к поверхности снежного покрова.

Переносная снегомерная рейка (рис. 5.6) служит для измерения высоты снежного покрова при маршрутных съемках. Она представляет собой прямоугольный брусок длиной 180 см, шириной 4 см и толщиной 2 см, изготовленной из сухого, пропитанного олифой дерева. На одной стороне рейки нанесены сантиметровые деления. Конец рейки, от которого начинаются деления, снабжен железным наконечником, укрепленным так, что начало делений (нуль) совпадает с нижним обрезом наконечника.

Переносную рейку можно готовить из двух брусков, свинчивающихся вместе. Выпускаются также металлические

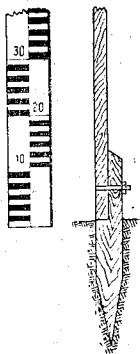


Рис. 5.5. Постоянная снегомерная рейка.



Рис. 5.6. Переносная снегомерная рейка.

переносные рейки, изготовленные из дюралюминиевых трубок.

Определение высоты снежного покрова при помощи переносной рейки производится путем втыкания рейки заостренным концом вертикально в снег, при этом следует быть уверенным, что рейка дошла до поверхности почвы, но не вошла в нее.

Если при измерениях переносной рейкой обнаруживается, что под слоем снега поверхность почвы покрыта льдом, то следует, измерив толщину снега, разгрести его и измерить линейкой толщину льда.

## Измерение плотности снега

Плотность снега численно равна отношению объема воды ( $см^3$ ), находящегося в снеге, к объему снега ( $см^3$ ). Плотность снега вычисляют с точностью до  $0,001 г/см^3$  с дальнейшим округлением до  $0,01 г/см^3$ .

Для измерения плотности служат снегомеры. На метеорологических станциях применяется походный весовой снегомер.

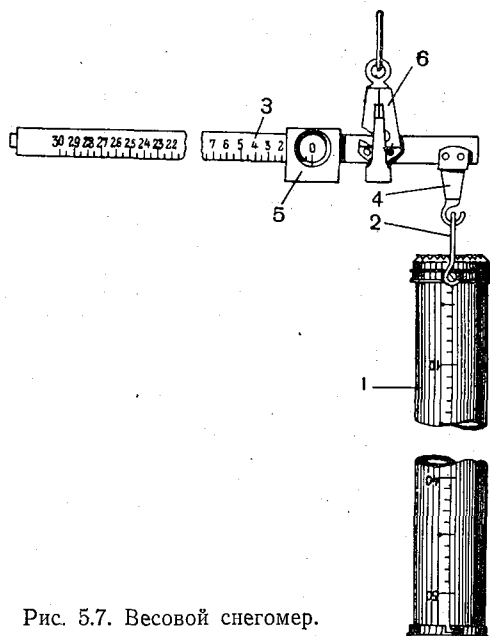


Рис. 5.7. Весовой снегомер.

**Походный весовой снегомер.** Походный весовой снегомер состоит из металлического цилиндра 1 и весов (рис. 5.7). Цилиндр весового снегомера имеет на одном конце толстое кольцо с острым заточенным краем с зубцами (в виде пилы), а на другом конце цилиндра надета крышка, закрывающаяся при помощи штыкового затвора. Сбоку цилиндра нанесена шкала, нулем которой служит нижний срез заточенного кольца. Высота цилиндра снегомера 60 см, площадь поперечного сечения  $50 см^2$  (диаметр 79,8 мм). По цилиндру свободно перемещается кольцо с дужкой 2, за которую цилиндр подвешивается к весам.

Весы снегомера состоят из латунной рейки 3 с нанесенными на ней делениями, каждое десятое из которых оцифровано. На рейке укреплены две призмы. Одна из них, обращенная ребром вниз, делит линейку на два неравных плеча. Вторая призма на

коротком плече обращена ребром вверх. Первая призма опирается на подвес рукоятки 6, за кольцо которой весы удерживаются в подвешенном состоянии. На вторую призму опирается крючок 4, к которому за дужку подвешивается цилиндр. Для уравнивания весов служит груз 5, который может перемещаться по рейке весов. Груз имеет вырез и через него видны деления шкалы. На скошенном крае выреза нанесена черта, служащая для отсчета делений по шкале весов.

Равновесие весов определяется при помощи указателя, имеющегося на рейке.

При установке подвижного груза на нулевое деление рейки пустой цилиндр, подвешенный на крючке, должен уравнивать весы. При взвешивании пробы снега равновесие весов достигается перемещением груза 5 вдоль рейки. Перемещение груза по рейке на одно деление шкалы соответствует весу пробы 5 г. Такие деления шкалы выбраны потому, что снег весом 5 г в расплавленном состоянии образует в цилиндре диаметром 50 см<sup>2</sup> слой воды в 0,1 см ( $\frac{5 \text{ г}}{50 \text{ см}^2 \cdot 1 \text{ г/см}^3} = 0,1 \text{ см} = 1 \text{ мм}$ ).

При измерениях поступают следующим образом. Проверяют равновесие весов с подвешенным к ним пустым цилиндром (если при равновесии груза черта не совмещается с нулевым делением шкалы, ее новое положение принимают за нулевое). Затем, сняв крышку, цилиндр снегомера погружают в снег тем концом, на котором укреплено кольцо с заточенным краем. При погружении цилиндра необходимо следить за тем, чтобы он входил в снег отвесно. Если снежный покров меньше 60 см, то, погрузив цилиндр в снег до соприкосновения его нижнего края с поверхностью почвы, отсчитывают высоту снежного покрова по шкале цилиндра. Для контроля следует перед взятием пробы определить толщину снежного покрова еще и при помощи переносной рейки.

После того как высота снежного покрова будет отсчитана, лопаткой, входящей в комплект снегомера, счищают снег с одной стороны снегомера и аккуратно подсовывают ее под цилиндр так, чтобы весь снег, заключенный в цилиндре, там остался. Не отнимая лопатки, вынимают цилиндр из снега и переворачивают его крышкой книзу.

Очистив цилиндр от приставшего снаружи снега, подвешивают снегомер за дужку к крючку весов, затем, став спиной к ветру и держа в руке весы за кольцо, уравнивают цилиндр со снегом при помощи передвижного груза. Уравновесив цилиндр, записывают число делений шкалы весов, которое показывает указатель в подвижном грузе.

Расчет плотности снега определяется по весу и объему его пробы, причем вес взятой пробы равен  $5n$  г, где  $n$  — число делений, отсчитанных по шкале весов, а объем составляет  $50n$  см<sup>3</sup>,

где  $h$  — высота взятой пробы. Отсюда плотность снега  $d$  будет равна

$$d = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h}.$$

В тех случаях, когда снежный покров больше 60 см, весь столб снега вырезают постепенно в несколько приемов. Для определения плотности в этом случае берут для  $h$  сумму всех отсчетов высот при взятии проб; то же делают и для  $n$ . При снегомерных съемках плотность снега измеряют один раз в каждой точке. Плотность снега измеряется только при высоте снежного покрова не менее 5 см.

На основании данных о плотности снега и его высоте можно рассчитать также и запас воды в снежном покрове, т. е. высоту слоя воды, который образуется при таянии всего снежного покрова. Вес воды взятой пробы равен  $5n$ , этому же численно равен и объем воды во взятой пробе. Если разделить этот объем на площадь сечения снегомера и умножить на 10, то получим высоту слоя воды в миллиметрах  $\left(\frac{5n \cdot 10}{50} = n\right)$ .

*Пример.* Снежный столб вырезан в три приема. Взяты пробы высотой 58, 53 и 18 см. Соответственно числа делений, отсчитанные по шкале весов, 58, 56, 29. Найти плотность снега  $d$  и запас воды. Плотность снега

$$d = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{10(h_1 + h_2 + h_3)} = \frac{58 + 56 + 29}{10(58 + 53 + 18)} = 0,111$$

и, округляя, получим

$$d = 0,11 \text{ г/см}^3.$$

Запас воды равен среднему из трех отсчетов по шкале весов

$$\frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} = \frac{143}{3} = 48 \text{ мм.}$$

Определение высоты и плотности снежного покрова производится на специально выбранных площадках и по маршрутам. Характер площадок и маршрутов, а также сроки производства измерений определяются Наставлением. Запись измерений высоты и плотности снежного покрова и все необходимые при этом вычисления производятся в специальной книжке.

### Измерение запасов воды в снежном покрове с помощью радиоактивных изотопов

Этот метод основан на принципе измерения ослабления снежным покровом потока гамма-лучей от источника, расположенного под снежным покровом.

В качестве источника берется какое-нибудь радиоактивное вещество с большим полупериодом распада (не менее нескольких

лет), обычно  $Co^{60}$ , так что интенсивность его излучения в течение нескольких зимних месяцев можно считать постоянной. Измерение интенсивности излучения производится с помощью специальных счетчиков<sup>1</sup> и пересчетных устройств, управляющих электромеханическими счетчиками.

Пересчетное устройство применяется для того, чтобы электромеханический счетчик отмечал не каждую частицу, проходящую через  $\gamma$ -счетчик, а некоторое определенное число их. Чаще применяют пересчетное устройство, позволяющее регистрировать каждые 64 частицы.

Таким образом, для получения действительного числа частиц, за некоторый отрезок времени попавших в счетчик, надо показания электромеханического счетчика помножить на 64.

Кроме пересчетных устройств, применяются и некоторые другие, дающие непосредственно показания пропорционально интенсивности  $\gamma$ -излучения. Чем интенсивнее радиоактивный источник, тем больше частиц пройдет через счетчик, находящийся на некотором фиксированном расстоянии от него. Если между радиоактивным источником и счетчиком находится слой воды, интенсивность потока, попадающего на счетчик, слабеет в той или иной мере в зависимости от толщины слоя воды. Эта зависимость выражается уравнением

$$I = I_0 e^{-l\mu},$$

где  $I_0$  — интенсивность потока при отсутствии слоя воды,  $I$  — интенсивность потока при наличии слоя воды,  $e$  — основание натуральных логарифмов,  $\mu$  — линейный коэффициент ослабления излучений,  $l$  — толщина слоя воды или запас воды в снеге, выраженные в сантиметрах.

Вычисления запаса воды в снеге производят по формуле

$$l = \frac{1}{0,4343\mu} \lg \frac{I_0}{I},$$

которая получена из предыдущего уравнения.

Значения  $I_0$  и  $I$  могут быть заменены числами  $N_0$  и  $N$ , соответствующими количеству частиц ( $\gamma$ -квантов), прошедших через  $\gamma$ -счетчик за некоторый интервал времени (например, за 1 мин) при отсутствии воды и при наличии слоя воды толщиной  $l$ . В этом случае последняя формула принимает вид

$$l = \frac{1}{0,4343\mu} \lg \frac{N_0}{N}.$$

<sup>1</sup> Счетчики Гейгера—Мюллера представляют собой цилиндрический конденсатор, заполненный газом под давлением в несколько миллиметров. Они позволяют обнаруживать каждую отдельную частицу по вызываемой ею ионизации. Используются также галогенные счетчики, в которых к основному газу добавляются галогены (бром, хлор).



Коэффициент  $\mu$  определяют, измерив за  $t$  мин  $N_0$ , а затем  $N$  при известном слое воды  $l$ . Если  $\mu$  определяют при снеге, необходимо произвести контрольное определение запаса воды в снеге, например весовым снегомером, для случаев с различными запасами воды в снежном покрове. В каждом отдельном случае целесообразно произвести 2—3 определения  $\mu$ , взяв среднее арифметическое из полученных результатов.

Измерения запасов воды в снеге таким способом могут быть произведены как с помощью стационарных установок, где радиоактивный излучатель укрепляется заранее осенью и не

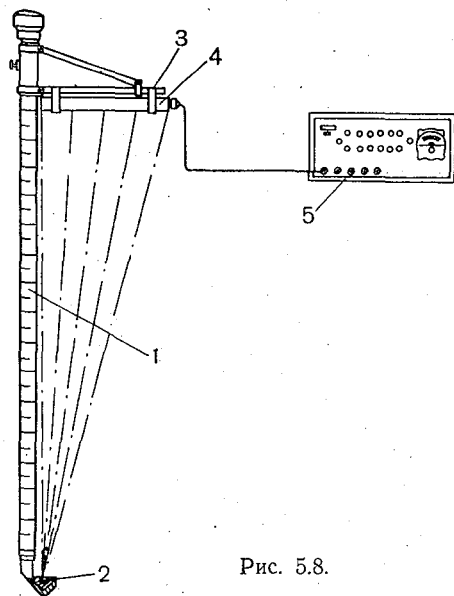


Рис. 5.8.

снимается в течение всей зимы, так и с помощью походной установки.

Этот же метод применяется для определения влагосодержания почвы на разных глубинах. В качестве примера реализации этого метода здесь описывается радиоактивный снегомер.

**Походный радиоактивный снегомер (М-31).** Этот прибор предназначен для маршрутных снегомерных съемок главным образом в районах с высоким снежным покровом, т. е. в тех случаях, когда производство снегомерных съемок обычным снегомером представляет большие трудности. Производство работ с помощью радиоактивного снегомера при высоте снежного покрова менее 50 см нецелесообразно, так как точность измерения в этих условиях недостаточна.

Походный радиоактивный снегомер (рис. 5.8) состоит из снегомерной рейки 1, имеющей на нижнем конце стальной

наконечник со свинцовым контейнером для изотопа 2, а в верхнем конце — держатель 3 счетчика 4, и портативного пересчетного прибора 5. В приборе находится пересчетное устройство, электромеханический счетчик и элементы питания, помещенные в отдельный кожух.

Все ручки управления, два тумблера для включения прибора и электромеханический счетчик смонтированы на верхней плате прибора. Один тумблер предназначен для включения питания к счетчику  $\gamma$ -квантов (положение тумблера на «Измерение» соответствует включению питания), а второй — для включения питания в пересчетное устройство. Этот прибор позволяет измерять запас воды в снеге с точностью 3—5% при высоте снега до 3 м.

Для производства измерений запаса воды в снежном покрове при помощи  $\gamma$ -снегомера поступают следующим образом.

С помощью счетчика и пересчетного устройства измеряют в течение выбранной единицы времени (например, 1 мин) радиоактивный фон (т. е. интенсивность космической и земной радиации)  $N_{\phi}$ <sup>1</sup>. При измерении фона рейку с радиоактивным изотопом относят от счетчика на расстояние не менее 10 м, затем счетчик помещают в держатель рейки. Не погружая рейку в снег, определяют  $N_0$ . После этого рейка с изотопом вводится в вертикальном положении в снег и определяется  $N$ . Вычитая  $N_{\phi}$  из  $N_0$  и  $N$ , по приведенной формуле определяют запас воды.

С помощью радиоактивного снегомера может быть определена также плотность снега. Для этого по снегомерной рейке снегомера в каждой точке должна быть отсчитана высота снежного покрова  $h$ , а плотность численно будет равна  $d = \frac{l}{h}$ .

### Самописцы для регистрации осадков

Данные о количестве осадков, выпавших за относительно большие промежутки времени, не всегда достаточны. Одно и то же количество осадков, выпавших за различные промежутки времени, может дать совершенно различный эффект. Так, например, 30 мм осадков, равномерно выпавших в течение суток, дают дождь небольшой интенсивности; 30 мм осадков, выпавших в течение 10 мин, уже считаются ливневым дождем, который может вызвать в ряде мест нежелательные последствия. Исходя из этого, необходимо вести непрерывную регистрацию выпавших осадков с помощью самописцев. Самописцы обеспечивают возможность определения количества осадков, их распределения во времени и интенсивности. Существует много конструкций самописцев, но все они регистрируют только жидкие осадки.

<sup>1</sup> В большинстве случаев радиоактивным фоном можно пренебречь.

Наибольшее распространение из них имеет плювиограф.

**Плювиограф (П-2).** Плювиограф (рис. 5.9) служит для измерения только жидких осадков. При помощи этого прибора может быть измерено как общее количество осадков, выпавших за определенный промежуток времени, так и их интенсивность.

Интенсивность осадков принято вычислять для интервала 10 мин с точностью  $\pm 0,1$  мм. Это требует детальной регистрации хода выпадения осадков в достаточно большом масштабе.

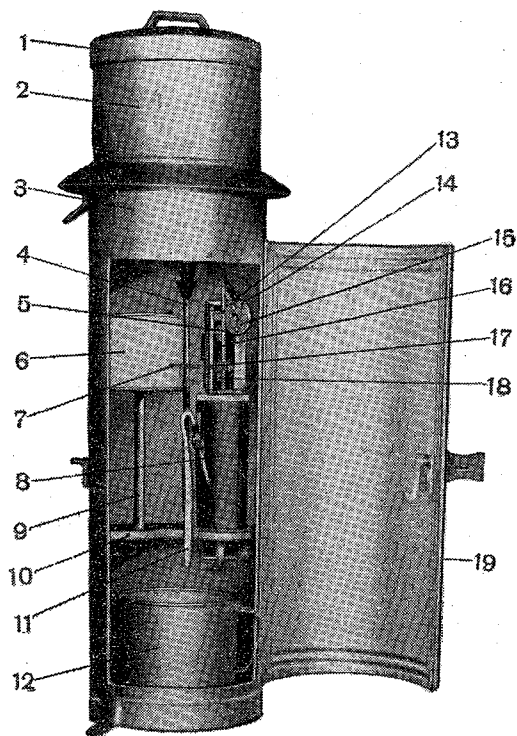


Рис. 5.9. Плювиограф.

В связи с этим, а также потому, что за сутки (чаще менять ленту нецелесообразно) может выпасть значительное количество осадков, а чрезмерное увеличение размеров диаграммной ленты, на которой производится регистрация, недопустимо, в плювиографе специальным устройством обеспечивается непрерывная регистрация выпадающих осадков последовательно для порций по 10 мм, укладываемых в принятом масштабе записи на ленте. Запись начинается от нижней границы ленты (от нуля); после выпадения 10 мм осадков перо достигает ее верхней границы, затем запись снова начинается от нуля.

Плювиограф смонтирован в металлическом кожухе 3 цилиндрической формы. Приемником осадков в приборе служит цилиндрический сосуд 2 с приемной площадью  $500 \text{ см}^2$  (при хранении и транспортировке он закрывается крышкой 1). Нижняя часть сосуда переходит в конус с несколькими отверстиями для стока воды. Ко дну сосуда припаяна сливная трубка, вставленная в воронку трубки 4, идущей от поплавковой камеры 8, которая при помощи винта укрепляется на плате 10. Внутри камеры 8 находится полый металлический поплавок с вертикальным стержнем 5, на котором закреплен кронштейн со стрелкой 7, оканчивающейся пером. Поперечное сечение камеры 8 в 9,7 раза меньше сечения приемного цилиндрического сосуда 2. Сбоку камеры 8 имеется трубка, в которую при помощи медной гильзы вставляется стеклянный сифон 11.

На крышке поплавковой камеры 8 смонтирован механизм принудительного слива осадков из поплавковой камеры 8 через сифон 11. Он обеспечивает начало слива строго при определенном уровне заполнения камеры (определенном количестве осадков в камере) независимо от интенсивности выпадения осадков.

На плате 10 укреплена стойка 9 с осью для часового механизма с барабаном 6 для ленты. На дне кожуха стоит ведро 12, куда через сифон сливаются осадки из камеры 8.

При выпадении дождя вода стекает по сливной трубке цилиндрического сосуда и попадает в камеру 8. Поплавок, находящийся в камере 8, поднимается, и перо, связанное с его осью, чертит на бумаге кривую, причем угол наклона этой кривой тем больше, чем интенсивнее выпадают осадки. Когда вода в поплавковой камере достигает уровня, на котором находится колено (изгиб) сифона, она начинает сливаться из камеры и камера должна быстро опорожняться. На этом принципе были основаны плювиографы П-1. Однако многолетний опыт эксплуатации плювиографов П-1 показал, что момент начала слива через сифон определяется не только уровнем воды в камере, он зависит также от того, насколько чиста поверхность сифонной трубки и насколько точно она установлена. Поэтому во избежание значительных погрешностей в плювиографе П-2 применяется механизм принудительного слива. Этот механизм состоит из храпового ударного устройства с грузовой тягой. В момент достижения заданного уровня в камере ( $500 \text{ см}^3$  воды) механизм автоматически приводится в действие и, ударом погружая поплавок, искусственно резко повышает уровень воды в камере, обеспечивая надежное заполнение сифона и быстрый слив воды из камеры.

Механизм принудительного слива показан также на рис. 5.10. Храповое колесо (улитка) 9 (14, рис. 5.9) с барабаном могут вращаться вокруг оси, прикрепленной к кронштейну 7 (13)

(кронштейн установлен на крышке поплавковой камеры 13). Нить 5, которая перекинута через ролик 6 и блок 3, одним концом прикреплена к барабану, а другим — к кронштейну 7. К блоку 3 подвешен груз 2 (16). Если вращать храповое колесо 9 по часовой стрелке, наматывая тем самым нить на барабан, то блок 3 с грузом 2 поднимается вверх. После этого груз 2, натягивая нить, стремится повернуть храповое колесо 9 по часовой стрелке. Этому вращению мешает собачка 8, ось которой также прикреплена к кронштейну 7. Собачка соединена с помощью жесткой тяги 4 с рычагом 1, на другом конце которого имеется упорный винт 12. Конец винта 12 находится в поплавковой камере, куда он свободно проходит через отверстие в крышке камеры 13. При заполнении камеры до заданного уровня поплавки 14 всплывают вверх и вытолкнем винт 12, который, переместившись вверх, через рычаг 1 и тягу 4 освободит храповое колесо 9 от собачки 8. Под воздействием опускающегося груза 2 храповое колесо 9 начнет поворачиваться против часовой стрелки и, нажав кулачком 10 (15, рис. 5.9) на упорный палец 11 (17) стержня 5 (рис. 5.9), толкнет поплавок 14 вниз, частично погрузив его в воду. При погружении поплавок в воду уровень воды в камере резко повысится и она попадет в сифонную трубку 11 (рис. 5.9), заполнит ее и вода начнет выливаться из камеры (до полного слива). При наличии слива воды поплавок опустится и освободит винт 12 (рис. 5.10), в результате чего освободится собачка 8; последняя упрется в следующий зуб храпового колеса 9 (колесо успело сделать только полоборота). Опускание поплавка повлечет за собой опускание пера вдоль образующей барабана.

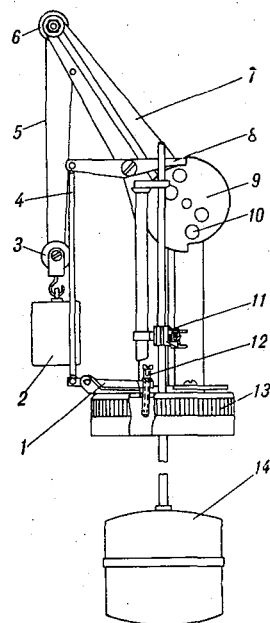


Рис. 5.10. Механизм принудительного слива плювиографа.

Если случайно при первом погружении поплавок слива воды не произойдет, то поплавок снова всплывет, нажмет на упорный винт, собачка 8 отведется и колесо 9 начнет поворачиваться, погружая поплавок, вынуждая воду заполнить сифонную трубку 11 (рис. 5.9).

Регулировка начального момента слива в зависимости от уровня воды в поплавковой камере производится винтом 12 (рис. 5.10) (путем винчивания или вывинчивания) и сифоном 11 (рис. 5.9) (путем перемещения его в муфте).

При сливе осадков из поплавковой камеры перо должно опуститься до нулевого деления на ленте; к моменту начала слива перо должно перейти за 50-е деление на ленте (соответствующее 10 мм осадков). Осадки, сливающиеся из поплавковой камеры через сифонную трубку, попадают в сборный сосуд 12 (рис. 5.9). Количество их может быть измерено мерным стаканом; оно служит для контроля суммы осадков, зарегистрированных плювиографом.

Плювиограф устанавливается на метеорологической площадке на деревянном столбе и укрепляется при помощи тросовых оттяжек к кольям, забитым на расстоянии около 75 см от основного столба. Крепление должно быть надежным, чтобы исключить возможность вибрации регистрирующего механизма плювиографа при сильных ветрах и при открывании дверей кожуха 19 при смене лент и т. п.

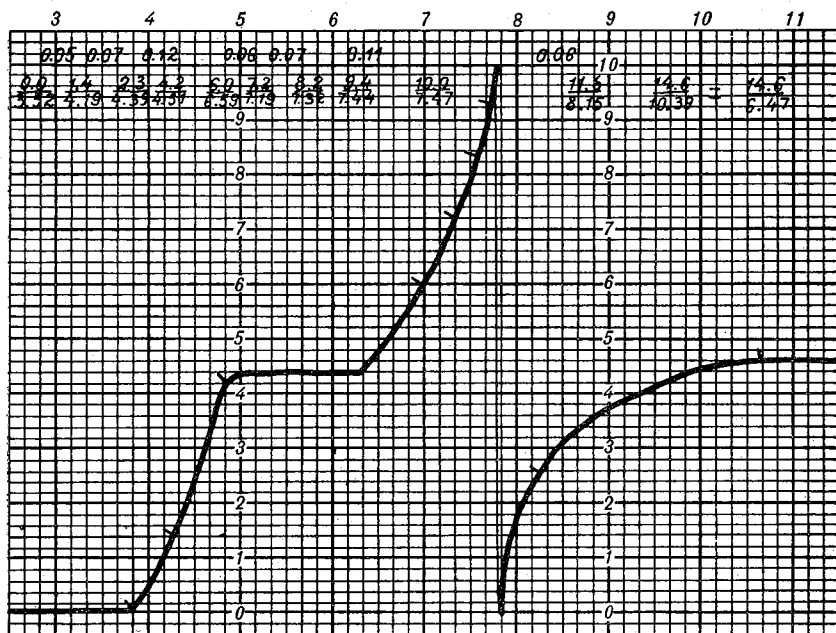
Верхний край плювиографа должен находиться на высоте 2 м от поверхности земли и быть в строго горизонтальном положении (проверяется уровнем).

В зимний период (на период с температурой воздуха ниже 0°) плювиограф снимается и хранится на складе.

Уход за часовым механизмом плювиографа, установка и смена лент на барабане часового механизма производятся таким же образом, как и у других самописцев (например, термографа).

Диаграммная лента плювиографа последнего выпуска разграфлена вертикальными и горизонтальными линиями, а также наклонными, проведенными под углом 45° (к горизонтальным и вертикальным). Вертикальные линии составляют шкалу времени, расстояния между двумя соседними линиями (деление шкалы) соответствует 10 мин. Горизонтальные линии составляют шкалу количества осадков, расстояния между двумя соседними делениями соответствуют 0,2 мм осадков. Наклонные линии — вспомогательные, они служат для первичной оценки интенсивности выпавших осадков, их наклон соответствует интенсивности выпадения осадков 0,04 мм/мин. Обычно запись с наклоном менее 45° (к горизонтальным линиям) по интенсивности не обрабатывается. Обработку записей плювиографа начинают с определения характерных точек на кривой. Характерными считаются переломные точки на кривой, после которых заметно меняется ее наклон. Они соответствуют началу и концу дождя, изменению интенсивности дождя и началу слива. Характерные точки помечаются на кривой карандашом. Характерные точки, соответствующие изменению интенсивности выпадения осадков, выделяются только на тех участках кривой, где ее наклон более 45° (круче наклонных линий), что соответствует интенсивности более 0,04 мм/мин. После выделения характерных точек производят подсчет количества осадков, выпавших

с начала дождя до каждой характерной точки. Результаты вычислений записываются на ленте (над или под кривой) в виде дроби, в числителе которой указывается количество осадков с точностью до 0,1 мм, а в знаменателе — время (по ленте) наступления данной характерной точки с точностью до одной минуты. Количество осадков вычисляется от начала дождя, причем прекращение дождя менее чем на один час не считается его концом. Если перерыв был более часа, начинается новое



На рис. 5.11 приводится участок ленты плювиографа с обработанной записью.

Как видно из записи, в 3 час 52 мин начался дождь, продолжавшийся до 10 час 39 мин с перерывом от 4 час 21 мин до 5 час 20 мин (менее часа).

Характерные точки на кривой наступили в 3 часа 52 мин (начало дождя), 10 час 39 мин (конец дождя), 7 час 47 мин (начало слива) и в 4 час 19 мин, 4 час 39 мин, 7 час 19 мин, 7 час 33 мин, 7 час 44 мин, 8 час 15 мин (точки перелома при интенсивности выпадения осадков более 0,04 мм/сек).

На станциях при обработке лент плювиографа и вычислении интенсивности выпадения осадков пользуются специальными таблицами.

### **Измерение интенсивности гололедных образований, изморози и осаджений мокрого снега на проводах**

Обледенение проводов линий связи и высоковольтных линий часто сопровождается сильными ветрами и может привести к обрыву проводов. При обледенении и отложении изморози и снега меняется ряд характеристик линий связи и электропередачи, что нарушает нормальный режим их работы. Поэтому изучение характера возможных отложений на проводах и их измерение в различных районах страны является важным для народного хозяйства мероприятием.

На метеорологических станциях производятся наблюдения над гололедом, изморозью и отложениями мокрого снега. Эти наблюдения включают количественные измерения веса и размеров отложений, а также их характера и структуры.

Для наблюдения над отложениями на метеорологической площадке (в северной ее части) устанавливается гололедный станок. Структура отложений определяется по атласу обледенения проводов, разработанному В. Е. Бучинским.

**Гололедный станок.** Гололедный станок (рис. 5.12) состоит из трех столбов 1 (или труб) со скобами 2, на которые свободно навешиваются загнутыми концами четыре провода 3 и 4 (длиной 104 см и диаметром 5 мм). Высота столбов выбирается такой, чтобы провода находились на высоте 225 см над поверхностью почвы. Нижние два провода при взвешивании гололеда снимаются и заменяются запасными.

Столбы вкапываются в вершинах прямоугольного треугольника, ориентированного катетами с севера на юг и с востока на запад. К станку приставлена лесенка 5 и снегомерная рейка 6 так, чтобы ее нулевое деление совпадало с поверхностью земли. С момента образования гололеда, изморози и оседания мокрого снега до момента прекращения нарастания их на проводах ведутся наблюдения по станку. Они проводятся в сроки



наблюдений, принятые на станции, но не реже чем через каждые два часа.

Рост образований гололеда и изморози и оседания снега между каждыми двумя соседними сроками определяется по наблюдениям над участком верхнего провода длиной 20 см, который очищают каждый раз после наблюдений. После прекращения роста отложений с помощью кронциркуля и линейки измеряется толщина отложения по двум сечениям — наибольшему

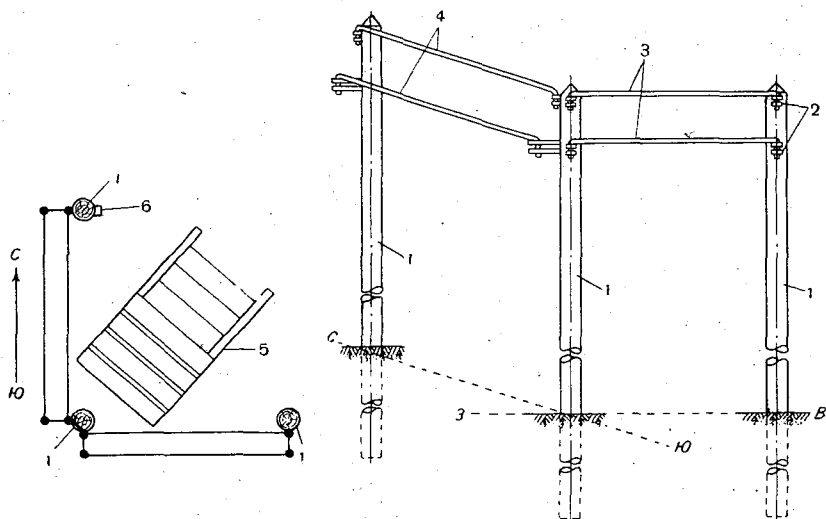


Рис. 5.12. Гололедный станок.

и перпендикулярному к нему. Отложения гололеда и стекловидного снега сечением от 10 мм, нестекловидного снега и зернистой изморози от 15 мм и кристаллической пушистой изморози от 20 мм определяются количественно. Количество отложения определяется по весу на участке длиной 25 см одного из нижних проводов, на котором отложение оказалось большим.

Вес отложения определяют после того, как устанавливают прекращение нарастания отложения. Для этой цели на нижний провод (с большим отложением) надевают специальную ванну, закрывают ее вместе с проводом и переносят в помещение. Вместо снятого провода устанавливают на станок запасной.

Вес отложения на участке провода длиной 25 см, оказавшегося в ванне, определяют после его таяния, косвенным путем — с помощью измерительного стакана по объему в кубических сантиметрах (объем численно равен весу отложения в граммах). Полученный вес умножают на четыре, вычисляя тем самым вес отложения, приходящийся на один метр провода.

## Наблюдения за росой

На метеорологических станциях производятся наблюдения за росой. При этом определяют момент появления росы, количество выпавшей росы, момент, когда количество росы достигло максимального значения, и момент исчезновения росы.

Количество росы измеряется в миллиметрах слоя воды, выпавшей при росообразовании на горизонтальную поверхность.

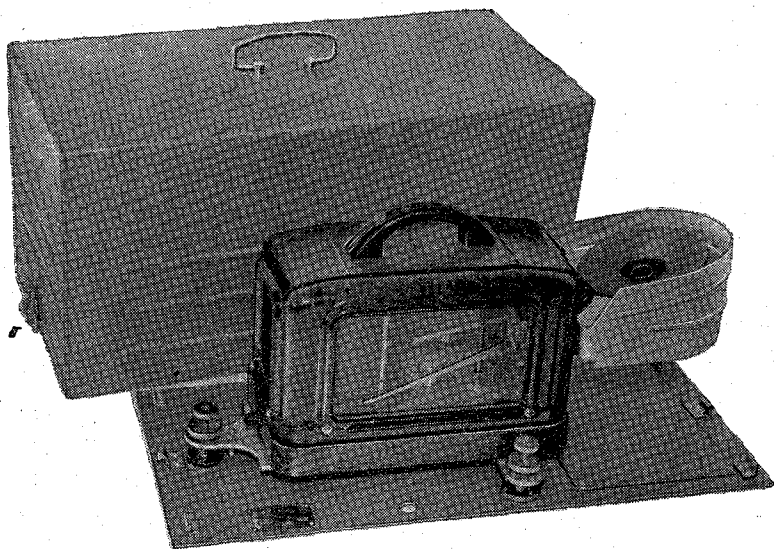


Рис. 5.13. Росограф со снятым кожухом.

Наблюдения за выпадением росы производятся с помощью самописца росы — росографа (М-35).

Росограф М-35 обеспечивает непрерывную регистрацию количества выпадающей росы (рис. 5.13 и 5.14).

Количество росы определяется с помощью квадрантных весов, являющихся основной измерительной частью механизма росографа. Механизм росографа собран на плате и размещен в пластмассовом корпусе (таком же, как у термографа).

Чувствительным элементом росографа являются два конусообразных пластмассовых сборника росы. Основной верхний сборник 1 служит для сбора росы, выпадающей на его верхнюю поверхность. Нижний сборник 2 служит для сбора росы, стекающей с нижней поверхности сборника 1.

Сборники росы укреплены на наружном (выходящем через щель корпуса) конце коромысла весов 3. На другом конце коромысла, находящемся внутри корпуса, укрепляется уравновешивающий груз 19. Коромысло 3 с помощью втулки надето на

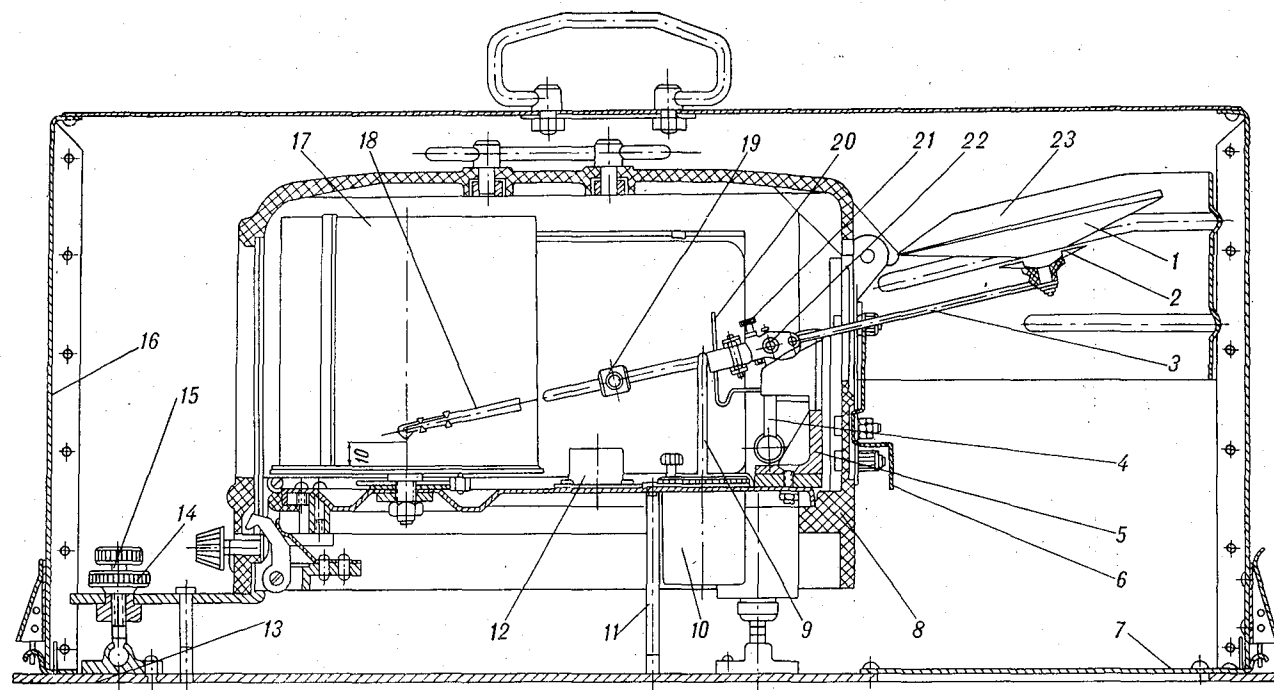


Рис. 5.14. Общий вид росографа.

ось 22. На этой же оси крепятся стрелка 18 с пером и два стержня 4 с измерительным грузом (квадрантом).

Ось 22 может качаться на своих цапфах в гнездах кронштейна 5. При отсутствии росы сборники уравниваются грузом 19 и перо стрелки 18 находится на нулевом делении ленты, надетой на барабане часового механизма 17. При выпадении росы вся подвижная система весов начинает поворачиваться вместе с осью 22 (на рис. 5.14 по часовой стрелке). При

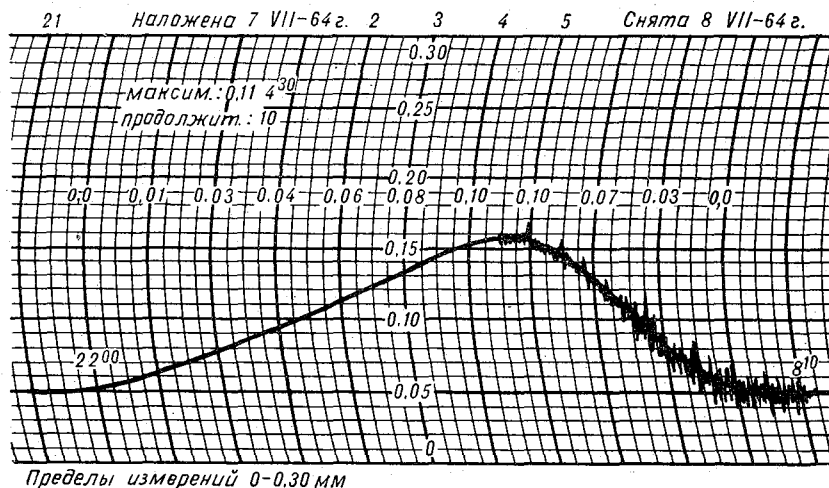


Рис. 5.15. Запись на ленте росографа.

этом поворачивается груз, укрепленный на стержне 4, уравнивающая систему в новом положении, соответствующем количеству выпавшей росы, и стрелка 18 устанавливается на соответствующем делении ленты. При испарении росы перемещения происходят в обратном направлении. Обычно выпадение росы происходит при безветрии, но даже слабые порывы ветра, наблюдающиеся при росе, могут оказывать воздействие на росоприемник и привести в колебание подвижную систему весов. Это повлияло бы на качество записи (запись получилась бы размазанной).

Для уменьшения влияния ветра вокруг росоприемников установлена ветровая защита 22, а измерительно-регистрирующая система в росографе имеет демпфер. Шток демпфера 9 шарнирно соединен с коромыслом весов, а резервуар демпфера 10, заполненный жидкостью, укреплен на плате прибора. Корпус росографа установлен на плите 13, к которой крепится защитный кожух 16. При подготовке прибора к эксплуатации с него снимают кожух 16. Демпфер заполняется маслом. С помощью

регулирующих винтов 15 россограф устанавливается (на плите) горизонтально по уровню 12. При этом перо должно находиться на нулевом делении надетой на барабане ленты. Если перо смещено, его устанавливают в этом положении винтом 21. Затем с помощью контрольных гирек, устанавливаемых в центре россоприемника, проверяется исправность прибора. При наложении 1600 мг перо должно установиться на делении ленты 0,10 мм и 3200 мг — на 0,20 мм.

Для регистрации росы россограф устанавливают на метеорологической площадке вблизи почвенных термометров непосредственно на поверхности земли на участке, покрытом травой, так, чтобы россоприемник был направлен к югу. Россограф закрепляется с помощью колышков или штырей, вбиваемых в почву. Кожух 16 снимается. С помощью регулирующих винтов 15 корпус россографа устанавливается по уровню 12 и с помощью гаек 14 это положение фиксируется. Пластина 7 освобождается от удерживающих ее винтов и снимается.

Россограф включается на регистрацию за 1,5—2 часа до захода солнца, когда предполагается выпадение росы, и выключается через 1,5—3 часа после восхода солнца (после испарения росы). Если в это время начинается выпадение осадков или возникает ветер со скоростью более 3 м/сек, то россограф выключают и закрывают кожухом. В дневное время и тогда, когда не предполагается выпадение росы, прибор должен быть покрыт кожухом и выключен (перо с помощью рычага 12 отводится от барабана). Регистрация количества росы производится на специальной диаграммной ленте, разделенной горизонтальными линиями с ценой деления 0,01 мм и вертикально расположенными дугами, расстояние между которыми соответствует 15 мин времени. Обработка записи заключается в определении момента начала выпадения росы, момента испарения росы, продолжительности наличия росы, максимума и момента его наступления, а также количества росы, имеющейся в конце каждого часа. Запись этих данных производится на ленте (рис. 5.15).

Правила обслуживания самописца (надевание ленты, заправка чернилами, завод часового механизма барабана, отвод пера от барабана и т. п.) такие же, как для термографа.

По записям россографа, по-видимому, нельзя воспроизвести точную картину выпадения росы на естественных поверхностях (в частности, момент исчезновения росы может несколько отличаться от зафиксированного россографом). Однако россограф, являясь весьма простым прибором, позволяет с достаточной для практики точностью производить объективные количественные измерения характеристик росы.

## ГЛАВА 6

### ИЗМЕРЕНИЕ ИСПАРЕНИЯ

Определение величины испарения воды (парообразования) как с водной поверхности, так и с суши необходимо для решения многих задач практического и теоретического характера. Для наблюдений над испарением применяют приборы различных систем, называемые испарителями<sup>1</sup>.

Величину испарения принято выражать толщиной слоя испарившейся воды в предположении, что эта вода равномерно разлита по горизонтальной поверхности, размеры которой равны испаряющей поверхности.

Толщина слоя испарившейся воды определяется с точностью до 0,1 мм. Испарение, выраженное в миллиметрах слоя воды, численно равно количеству литров воды, испарившейся с 1 м<sup>2</sup> испаряющей поверхности.

Рассмотрим некоторые установки для измерения испарения.

#### Испаромер ГГИ-3000

Комплект испаромера состоит из испарителя, дождемера, бюретки и измерительной трубки. Испаромер рассчитан для установки в грунте на водоиспарительных площадках и для установки на специальных плотках в водоемах.

Испаритель (рис. 6.1) представляет собой цилиндрический металлический бак 4 с конусообразным дном. Площадь его испаряющей поверхности составляет 3000 см<sup>2</sup>. Во избежание возможных деформаций стенок бака в него вставляются металлические кольца 6 или же делаются гофрированные стенки. Верхний край бака имеет внешний козырек шириной 20 мм. В центре дна испарителя строго вертикально установлена металлическая труба 7, в средней части прикрепленная к стенкам бака тремя распорками 2. Трубка 7 служит для установки при

<sup>1</sup> Устройство испарительных бассейнов здесь не описывается.

наблюдениях объемной бюретки 5, кроме того, к ней крепится коленчатая стойка с иглой 3, служащая репером уровня воды, который должен поддерживаться в испарителе. Острые иглы находятся на 48 мм ниже плоскости, проходящей через верхний край испарителя. Для крепления испарителя при его установке на плиту имеются четыре ушка 1. Испаритель заполняется водой из того водоема, в котором определяется испарение. Наполнение производят до тех пор, пока острые иглы не совпадет с горизонтом воды в испарителе.

Объемная металлическая бюретка (рис. 6.2) служит для определения изменения уровня воды в испарителе.

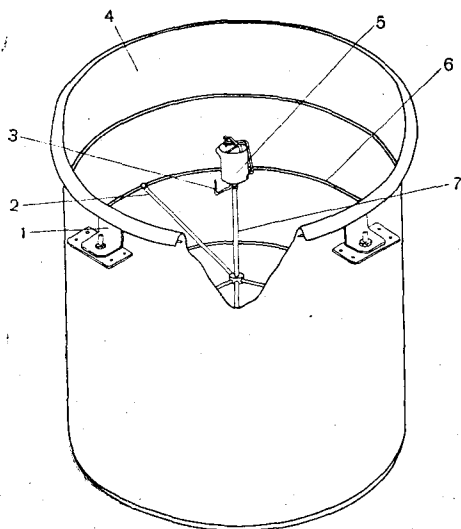


Рис. 6.1. Испаритель испаромера ГГИ-3000.

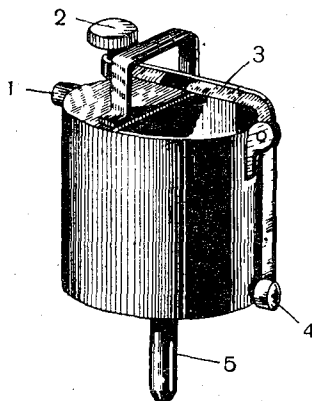


Рис. 6.2. Объемная бюретка.

Внутренний диаметр бюретки 50 мм, площадь поперечного сечения 20 см<sup>2</sup>, высота 60 мм. Дно бюретки имеет в центре установочный стержень 5, который при измерении величины испарения вставляется в центральную трубку испарителя. Сбоку бюретки, у самого дна, имеется небольшое отверстие, которое при помощи изогнутого рычага 1 и винта 2, упирающегося в крышку бюретки, может плотно закрываться резиновой пробкой 4. В своей верхней части бюретка имеет носик для слива воды.

Для измерения количества воды, захваченной бюреткой, служит специальная измерительная стеклянная колба (рис. 6.3), состоящая из резервуара объемом 30 см<sup>3</sup> и градуированной цилиндрической трубки. Встречаются колбы с ценой деления 0,1 мм слоя воды в испарителе и с произвольными делениями. Последние должны быть протарированы, т. е.

должна быть определена цена одного деления в миллиметрах слоя испарившейся воды.

Дождемер ГГИ-3000 (рис. 6.4) входит в комплект испаромера. Он представляет собой, так же как и испаритель,

цилиндрический бак 8 с конусообразным дном, имеющий для жесткости впаянные внутри металлические кольца и закатанный на круглый фальц верхний край. В бак дождемера вставляется воронка 2 для приема осадков, имеющая, как и испаритель, приемную площадь  $3000 \text{ см}^2$ . К верхнему краю воронки припаян металлический козырек. Стеkanie осадков происходит через

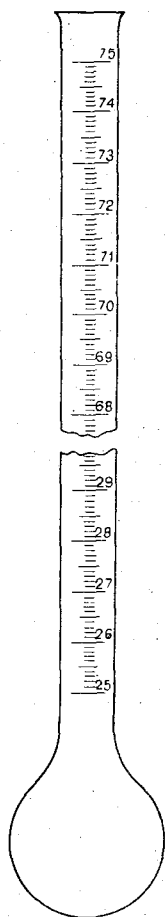


Рис. 6.3. Измерительная колба.

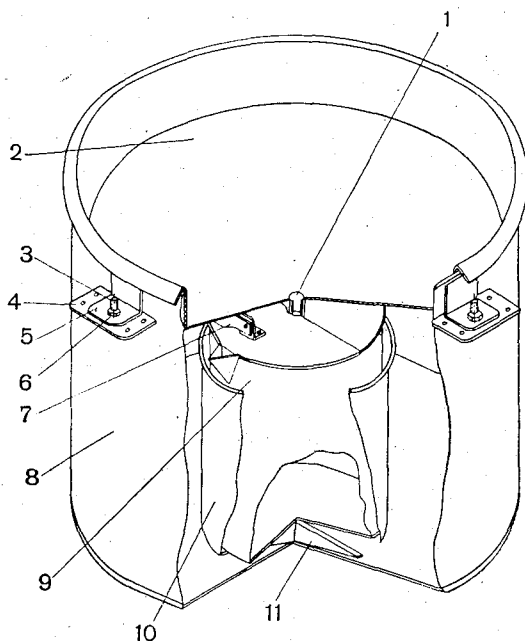


Рис. 6.4. Дождемер испаромера.

трубку 1 в ведро 9, устанавливаемое на припаянную ко дну дождемера крестовину 11 внутри цилиндрического кожуха 10, также припаянного ко дну бака 8. Ведро рассчитано на прием 15 л осадков, т. е. слоя осадков 50 мм. Для вынимания ведра из блока дождемера служит откидная ручка 7. Пространство между стенками бака и кожухом для ведра служит балластной



камерой, в которую закладывают камни, куски железа и т. п., уменьшая тем самым излишнюю плавучесть дождемера. Для крепления дождемера на плоту он, так же как и испаритель, имеет четыре ушка 5, болты 3 с гайками 6 и прокладками 4.

Испаритель<sup>1</sup> и дождемер монтируются на кормовой части специального, свободно плавающего плота, имеющего форму равнобедренного треугольника (рис. 6.5).

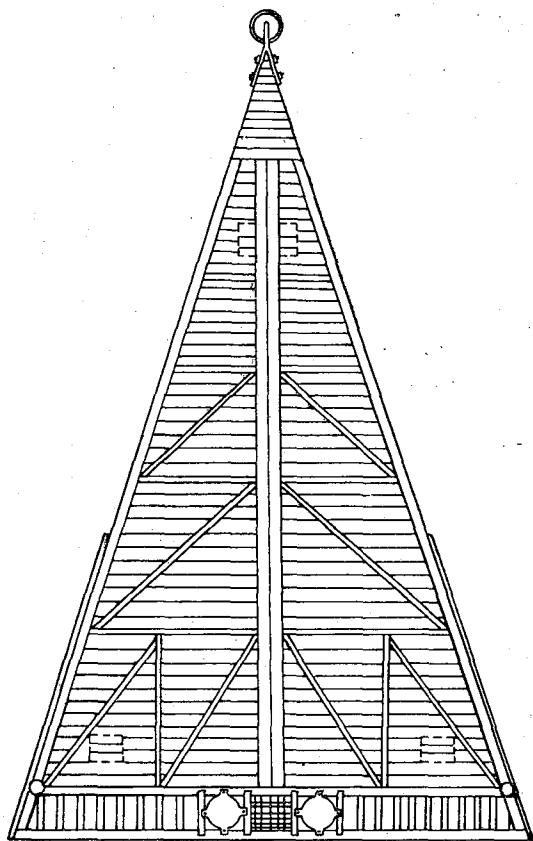


Рис. 6.5. Рама для установки испарителя.

Измерение испарения по испарителю ГГИ заключается в определении в сроки наблюдений (7 и 19 час) измерения уровня воды в испарителе при помощи объемной бюретки и измерительной трубки. Для этой цели объемная бюретка своим нижним стерженьком вставляется до отказа

<sup>1</sup> Второй контрольный испаритель устанавливается на берегу в почве.

в центральную трубку испарителя и при открытом клапане оставляется в таком положении одну-две минуты для того, чтобы уровень воды в испарителе и в бюретке выравнялся. После этого поворотом винта 2 (рис. 6.2) закрывают клапан бюретки, снимают ее с испарителя и сливают набравшуюся в нее воду в измерительную трубку. Отсчет в измерительной трубке производят с точностью до одного малого деления, а в книжку записывают целые и десятые доли больших делений. После отсчетов воду из трубки выливают обратно в испаритель. В каждый срок такие наблюдения повторяют три раза. Если после наблюдений будет установлено, что уровень воды в испарителе понизился более чем на 5 мм или повысился более чем на 10 мм относительно острия иглы, то доливают или отливают воду из испарителя, обязательно учитывая при этом количество долитой или отлитой воды при помощи измерительного стакана для дождемера. При работе на солоноватом водоеме в испаритель доливают дистиллированную воду для сохранения в испарителе воды такой же концентрации, как в водоеме.

Измерения по дождемеру. Осадки, собранные дождемером ГГИ, измеряются в те же сроки, в которые производится определение величины испарения по плавучему испарителю. Для измерения осадков прежде всего снимают воронку, после чего вынимают за ручку водосборное ведро и сливают собранные в нем осадки в измерительный стакан для дождемера.

Чтобы получить величину осадков, выраженную в миллиметрах слоя воды, следует отсчитанное число дней по дождемерному стакану разделить на 60. Это вытекает из соотношения

$$h = \frac{V}{S} = \frac{5n \cdot 10}{3000} = \frac{n}{60} \text{ мм},$$

где  $h$  — высота слоя осадков в миллиметрах;  $V$  — объем осадков;  $S$  — приемная площадь дождемера;  $n$  — число делений измерительного стакана для дождемера.

После измерения осадков и записи результатов в книжку наблюдений воду из дождемерного стакана выливают в водоем, водосборное ведро ставят в гнездо и сверху вставляют воронку.

Величина испарения между сроками вычисляется по формуле

$$Y = X + (h_1 - h_2) K, \quad (6.1)$$

где  $Y$  — количество испарившейся воды в миллиметрах;  $X$  — количество осадков в миллиметрах;  $h_1$  и  $h_2$  — средние значения из трех отсчетов по измерительной трубке ( $h_1$  — в предыдущий срок,  $h_2$  — в данный срок);  $K$  — цена деления шкалы измерительной трубки.

## Почвенный испаритель ГГИ-500

Этот испаритель входит в комплект оборудования испарительных площадок, в который, кроме двух испарителей ГГИ-500<sup>1</sup>, входит дождемер ГГИ-500 с дождемерным стаканом, весы, будка для них с защитным чехлом и контрольные гири (для периодической поверки весов).

Испаритель ГГИ-500 (рис. 6.6) состоит из внутреннего цилиндра 1 и внешнего цилиндра-гнезда 2, водосборного сосуда 4,

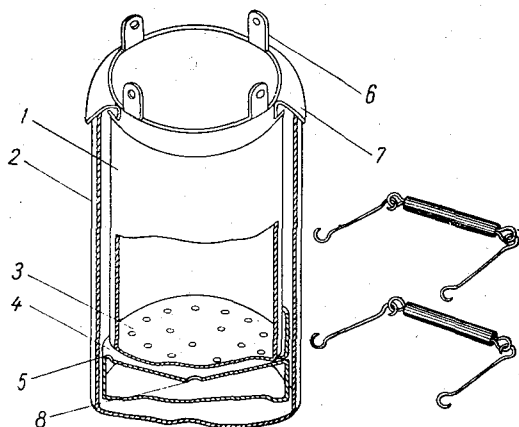


Рис. 6.6. Почвенный испаритель ГГИ-500.

двух ручек и двух подъемных крючьев. Цилиндр 1 изготовлен из листовой стали толщиной 2 мм, цилиндр 2 — из стали толщиной 1 мм и водосборный сосуд 4 — из оцинкованного листового железа (0,8 мм).

Цилиндр 2 служит для помещения в него почвенного монолита. Размеры цилиндра: внутренний диаметр 252,3 мм (площадь 500 см<sup>2</sup>), высота 500 мм.

Съемное дно 3 внутреннего цилиндра 1 имеет отверстия диаметром 2 мм для пропускания воды, просачивающейся через монолит почвы. Дно 3 крепится к цилиндру 2 с помощью трех защелок. К верхнему краю цилиндра 1 приварены четыре ушка 6 с отверстиями, служащими для продевания в них крючков двух металлических ручек (или подъемных крючков) для подъема испарителя. Цилиндр 1 имеет козырек 7, покрывающий

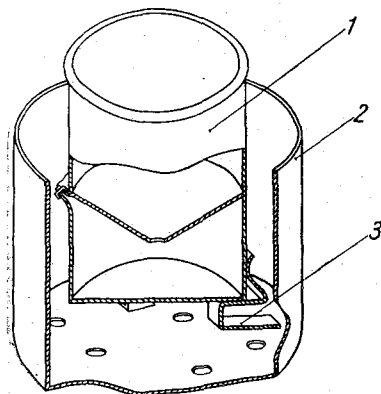
<sup>1</sup> В некоторые комплекты входят испарители двух типов ГГИ-500-50 (высотой 50 см) и ГГИ-500-100 (высотой 100 см), а также малый гидравлический испаритель.

зазор между внутренним и внешним цилиндрами. Вес внутреннего цилиндра с почвой составляет около 40 кг.

Внешний цилиндр 2 служит гнездом для внутреннего цилиндра 1. Дно внешнего цилиндра 2 глухое.

Водосборный сосуд 4 представляет собой цилиндр высотой 30 мм с воронкой. Воронка имеет в центре отверстие 8 диаметром 40 мм для стока воды, просачивающейся через отверстия в дне испарителя, и отверстие 5 в верхней части воронки (у ее края) диаметром 10 мм для слива воды в дождемерный стакан.

Водосборный сосуд 4 ставится на дно внешнего цилиндра 2. Внутренний цилиндр 1 опускается до водосборного сосуда 4 и опирается своим козырьком на верхний край внешнего цилиндра 2.



Дождемер к почвенно-му испарителю ГГИ-500 (рис. 6.7) служит для измерения осадков. Дождемер состоит из дождемерного ведра 1 и гнезда 2 для установки ведра.

Дождемерное ведро 1 имеет форму цилиндра диаметром 252,3 мм и высотой 400 мм. Устройство ведра такое же, как и у осадкомера.

Гнездо 2 для установки ведра в поле имеет форму цилиндра.

Дно гнезда имеет шесть отверстий диаметром 15—20 мм, через которые стекает вода, поступившая в гнездо. С внутренней стороны ко дну приварены три пружинящих кронштейна 3 для установки на них дождемерного ведра.

Весы. Для взвешивания измерителя с почвенным монолитом рекомендуются шкальные малогабаритные весы. Могут быть использованы и другие весы, обеспечивающие достаточную точность взвешивания груза весом 50 кг. Весы устанавливаются в специальной будке.

Установка испарителя и дождемера производится на почвенно-испарительной площадке. Для гнезда испарителя и гнезда дождемера выкапывают круглую яму диаметром 30—40 см и глубиной 52 см. При этом следует принять меры для сохранения растительного покрова вокруг ямы. В готовые ямы вставляют гнездо испарителя так, чтобы его верхний край возвышался над поверхностью на 1,5 см, а гнездо дождемера — на 5 см. Ямы вокруг гнезд засыпают почвой и утрамбовывают (оставшаяся земля с площадки убирается). Почвенные моно-

литы для зарядки испарителей берутся со специально выбранного для этого участка.

Зарядка испарителя почвенным монолитом производится следующим образом. Внутренний цилиндр весового испарителя или цилиндр гидравлического испарителя без дна ставится на почву, несколько вдавливаясь в нее, затем окапывается вокруг и под давлением осаждается глубже. Окапывание производится сначала грубо штыковой лопатой на половину штыка, причем радиус почвенного монолита оставляется на 5—8 см больше радиуса испарителя. Затем при помощи ножа производят точную обработку почвенного монолита так, чтобы между ним и стенками испарителя оказался зазор примерно в 1—2 мм. Во избежание поломки почвенного монолита такая точная обработка производится только на глубину 3—5 см, после чего цилиндр осаживается и опять производится обрезка монолита на 3—5 см глубже и т. д. Осаживать цилиндр можно лишь нажимом сверху, но не ударами. В противном случае происходит деформация монолита и разрыв корней растений в нем. Цилиндр нужно погрузить настолько, чтобы его верхний край оказался примерно на 1—1,5 см выше поверхности почвы в монолите.

По окончании осаживания под испаритель подводится дно. В случае рыхлой почвы дно подсовывается на 3—5 см под испаритель, затем последний вращательным движением надвигается на дно. При плотной почве монолит следует подрезать снизу лопатой, наклонить его на бок (не более чем на 45°), срезать нижнюю поверхность монолита так, чтобы она не выступала за края цилиндра и закрепить дно (у весовых испарителей — защелками).

После подведения дна нужно сверху по периферии цилиндра засыпать землей щели между монолитом и стенкой цилиндра, что осуществляется проталкиванием земли при помощи ножа или стальной линейки, а затем тщательно очистить наружные стенки цилиндра и в особенности дно его от приставшей к ним земли.

Смена монолитов производится согласно наставлению в зависимости от типа испарительной площадки 1—3 раза в месяц.

Испарители взвешиваются, как правило, утром до 9 час, а при наличии росы на растениях — после того как роса испарится (в районах, где роса держится очень долго (до середины дня), взвешивание испарителей необходимо производить во второй половине дня, в 17—19 час).

Если в срок наблюдений идет дождь, то взвешивание испарителей переносится на другие часы текущего дня, после прекращения дождя, или на утренние часы следующего дня.

Измерение осадков по почвенным дождемерам в дни взвешивания испарителей производится непосредственно перед взвешиванием.

Измерение просочившейся через монолит воды производится перед взвешиванием испарителей. Кроме того, при длительных многодневных дождях и после сильных ливней измерение просочившейся воды необходимо производить ежедневно, не взвешивая испарители, а лишь вынимая их из гнезда. Ежедневные измерения просачивания прекращаются после того, как поступление воды в водосборный сосуд прекратится. Это делается для того, чтобы избежать переполнения водосборных сосудов испарителей. Необходимо также своевременно произвести перезарядку испарителей новыми монолитами для приведения их водного режима в соответствие с водным режимом окружающей местности.

Измерение осадков, собранных дождемером и просочившихся через монолит в водосборный сосуд, производится с помощью дождемерного стакана.

Вычисление испарения производится по формуле

$$E = 0,02(P_1 - P_2) + X + Y, \quad (6.2)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — вес испарителя в граммах в предыдущий  $P_1$  и текущий  $P_2$  сроки;  $X$  — количество осадков в дождемере;  $Y$  — просочившиеся в водосборный сосуд осадки.

В последнее время стали применяться испарители с большими монолитами, для взвешивания которых применяются гидравлические весы, составляющие одно целое с испарителями. Эти испарители, носящие название гидравлических, разработаны под руководством В. А. Урываева в трех вариантах с площадью 5 и 3 м<sup>2</sup>, а также 2000 см<sup>2</sup>. Последний рекомендован для применения на гидрометеорологической сети.

## ГЛАВА 7

### ИЗМЕРЕНИЕ ЛУЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ (АКТИНОМЕТРИЯ). ИЗМЕРЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА

#### Виды лучистой энергии и приборы для ее измерения

Земной шар на среднем расстоянии его от Солнца получает поток лучистой энергии плотностью  $S_0 = 138,3 \text{ мвт/см}^2$  ( $1,98 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ) на нормальную к лучу поверхность<sup>1</sup>. Эта величина называется солнечной постоянной. Спектральное распределение лучистой энергии показано кривой 1 на рис. 7.1 (по оси абсцисс отложена длина волны в микронах).

До земной поверхности излучение непосредственно от диска солнца — прямая солнечная радиация — доходит ослабленным за счет поглощения и рассеяния (кривая 2). Она на 98% сосредоточена в диапазоне коротковолновой радиации от 0,29 до 4 мкм. Интенсивность на высоких горах достигает  $120 \text{ мвт/см}^2$  ( $1,7 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ). Прямая солнечная радиация на нормальную к лучу поверхность  $S$  измеряется абсолютным прибором — пиргелиометром или относительным прибором — актинометром.

Для теплового режима земной поверхности важна интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность  $S'$ , которую можно вычислить, зная интенсивность прямой солнечной радиации  $S$  и высоту солнца  $h_\odot$ , по формуле  $S' = S \sin h_\odot$ .

Часть солнечной радиации, рассеянной во все стороны частицами земной атмосферы и облаками и приходящей к земной поверхности от всех видимых точек неба, называется рассеянной радиацией  $D$ . По спектральному составу рассеянная радиация тоже коротковолновая, как показывает кривая 3 для безоблачного и кривая 4 для пасмурного неба.

<sup>1</sup> Поверхностную плотность потока называют также интенсивностью и облученностью.

Интенсивность рассеянной радиации измеряется пиранометром, затененным от прямой солнечной радиации круглым экраном. Максимальная наблюдаемая интенсивность рассеянной радиации достигает  $70 \text{ мвт/см}^2$  ( $1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ). Суммарная радиация  $Q = S' + D$  измеряется открытым пиранометром. Ее максимальная интенсивность достигает  $140 \text{ мвт/см}^2$  ( $2 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ).

Часть суммарной радиации, не поглощенная деятельным слоем земной поверхности, отражается вверх, образуя отраженную коротковолновую радиацию. Ее интенсивность  $R_k$  для достаточно большой однородной горизонтальной

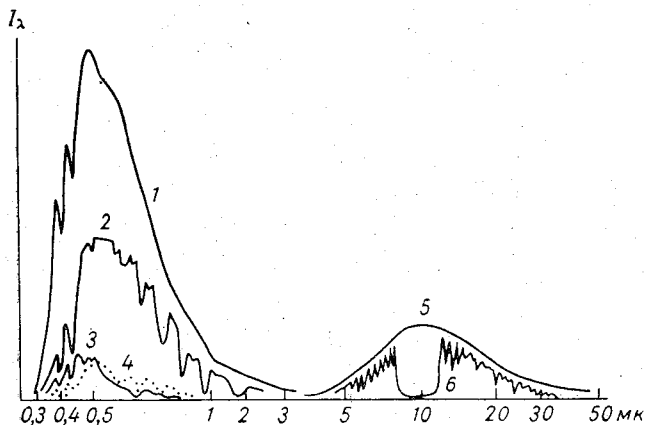


Рис. 7.1. Распределение лучистой энергии в атмосфере по длинам волн. Спектр влияния радиации на биологические процессы.

площадки определяют по облученности горизонтальной поверхности пиранометра, опрокинутого приемником вниз. Специально приспособленный для опрокидывания пиранометр называется альбедометром, так как им определяют альбедо  $A_k = B_k/Q$ , выражающее отражательную способность деятельного слоя для коротковолновой радиации. Альбедо меняется от 0,09 для хвойного леса весной до 0,9 для свежеснежного покрова при низком солнце.

В результате поглощения солнечной радиации земная поверхность и атмосфера нагреваются и сами испускают длинноволновое излучение. Кривая 5 показывает излучение абсолютно черного тела  $E_t$  при температуре  $+20^\circ \text{C}$ . Оно равно  $E_t = \sigma T^4$ , где  $T$  — абсолютная температура. Постоянная  $\sigma = 5,65 \cdot 10^{-10} \text{ мвт/см}^2 \cdot \text{град}^4$  или  $\sigma = 0,814 \cdot 10^{-11} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин} \cdot \text{град}^4$ . Излучение реальных объектов ландшафта, имеющих поверхностную температуру  $T$ , равно  $E_s = \delta \sigma T^4$ , где  $\delta$  — относительная из-



лучательная способность. Объекты ландшафта, а также плотная облачность имеют  $\delta$ , близкое к единице (для снега 0,98, песка 0,89). Излучение земной поверхности  $E_z$  при температуре  $+70^\circ$  будет около  $70 \text{ мвт/см}^2$  ( $1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ).

При безоблачном небе излучение атмосферы  $E_a$  состоит главным образом из излучения трехатомных газов: водяного пара, углекислого газа и озона. Спектр его показывает кривая 6. Часть поступившего к земле излучения атмосферы отражается, образуя поток длинноволновой отраженной радиации  $R_d$ .

### Методы измерения интенсивности радиации

Почти все метеорологические приборы, предназначенные для измерения солнечной и земной радиации, основаны на использовании тепловых чувствительных элементов. Радиация поглощается чувствительным элементом и превращается в тепло. Тепловой эффект, вызванный радиацией, можно определить по изменению температуры чувствительного элемента или путем сравнения его температуры с температурой контрольного тела. Во втором случае контрольное тело, аналогичное чувствительному элементу, должно нагреваться до равной с ним температуры. Тепло, затрачиваемое на нагревание, измеряется.

Наиболее просто это осуществить при нагревании тела электрическим током — теплом Джоуля—Ленца.

В отличие от фотографических и фотоэлектрических чувствительных элементов, тепловые обладают почти одинаковой чувствительностью для излучений с различными длинами волн (т. е. неселективны). Для этого их покрывают «черными» материалами с коэффициентом поглощения 0,94—0,98. Можно применить и такие покрытия, которые почти полностью поглощают в одной области спектра, но весьма слабо в другой. Так, например, белые окиси магния и титана, мел и серноокислый барий и другие материалы, слабо поглощая видимые лучи, оказываются «черными» для длинноволновой инфракрасной радиации с длиной волны более 4—5  $\mu\text{м}$ .

Повышение температуры тепловых приемников, пропорциональное поглощенной радиации, удобнее всего измерять с помощью термопар (или батарей из термопар). Многие распространенные актинометрические приборы имеют термопары из константана с манганином, медью или серебром. Часто сами термопары, покрытые черной или белой красками, служат приемниками радиации.

### Измерение прямой солнечной радиации

Чувствительный элемент пиргелиометра или актинометра защищен от радиации неба трубкой с диафрагмами внутри. Последние защищают чувствительный элемент от ветра и от

радиации, отраженной стенками трубки. Вместе с радиацией от диска солнца захватывается некоторая доля рассеянной радиации от ореола вокруг диска солнца. Эта доля тем больше, чем ниже положение солнца, чем мутнее воздух и чем больше угол отверстия.

В СССР принят угол отверстия  $10^\circ$ , причем длина трубки в 5,72 раза больше диаметра входного отверстия, а последнее вдвое больше диаметра приемной поверхности. При этом доля рассеянной радиации от ореола составляет от 2 до 6%.

**Компенсационный пиргелиометр Онгстрема.** Внешний вид пиргелиометра дан на рис. 7.2. Он состоит из основания 13,

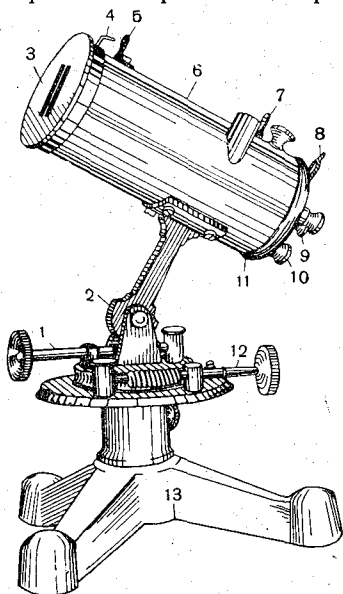


Рис. 7.2. Пиргелиометр Онгстрема на штативе.

трубки 6 с головкой 8, которая может поворачиваться в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью верньерных рукояток 1 и 12. Чувствительным элементом (приемником радиации) служат две одинаковые манганиновые полоски длиной 19 мм, шириной 2 мм и толщиной 0,02 мм (1 и 2 на рис. 7.3), установ-

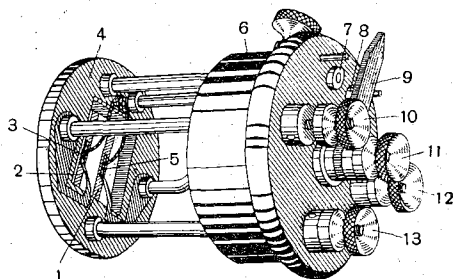


Рис. 7.3. Вид головки пиргелиометра Онгстрема сзади.

ленные в прямоугольном вырезе эбонитовой рамки 4 головки. На обращенную к солнцу сторону полосок нанесен слой платиновой черни и копоти. На обратную сторону нанесен слой электроизоляции и наклеены спаи 3 и 5 (рис. 7.3) термопары, составленной из константана и меди. Концы медных лент термопары присоединены к клеммам 10 и 12, установленным на эбонитовой втулке 6. Нижние концы полосок соединены общим латунным стерженьком с клеммой 13, а верхние — с контактами 7 и 8 переключателя 9, соединяющего один из контактов с центральной клеммой 11 (9 на рис. 7.2). Головка вставлена в трубку 6 длиной от 100 до 150 мм (рис. 7.2). Спереди трубка закрыта двумя, чаще тремя диафрагмами. Входные отверстия

$5 \times 23 \text{ мм}^2$  вырезаны в наружной съемной диафрагме 3. Между первыми двумя диафрагмами вращается щиток, которым можно затенить одну из полосок, если повернуть рукоятку 4. С помощью целика с отверстием 5 и экраника 7, где в центре нанесена точка или крест, трубка нацеливается на солнце, для чего ее перемещают по высоте червячным верньером 2 с рукояткой 1 и по азимуту рукояткой 12 (прибор можно устанавливать, вращая его вместе с основанием 13).

При наблюдении после нацеливания пиргелиометра на солнце открывается одна, например, правая на рис. 7.3 полоска, а левая (затененная) нагревается током, силу которого регулируют так, чтобы температуры обеих полосок сравнялись. При равенстве температур термоток в цепи термоэлемента равен нулю. В этих условиях полоски получают одинаковое количество тепла в единицу времени: правая (освещенная) получает

$$q = S \delta l b \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}, \quad (7.1)$$

а левая (затененная) по закону Джоуля—Ленца

$$q = 60 c r i^2 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}. \quad (7.2)$$

Здесь  $S$  — искомая интенсивность прямой солнечной радиации ( $\text{кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ),  $\delta$  — коэффициент поглощения черной поверхностью полоски;  $l$  — длина и  $b$  — ширина полосок ( $\text{см}$ );  $i$  — сила тока ( $\text{а}$ );  $r$  — сопротивление полоски ( $\text{ом}$ );  $c$  — коэффициент пропорциональности,  $c = 0,24 \text{ кал/эрг}$ . Приравняв друг другу правые части выражений (1) и (2) и решая полученное уравнение относительно неизвестного  $S$ , имеем

$$S = \frac{60 c r i}{\delta l b} = K i^2,$$

выделив постоянные величины в общий коэффициент  $K$ , называемый переводным множителем.

Установка пиргелиометра производится в укрытом от ветра месте, в котором небо должно быть открыто на  $22^\circ$  выше и ниже солнечного диска. На устойчивой основе устанавливается зеркальный гальванометр  $G$  (с ценой деления не более  $5 \cdot 10^{-8} \text{ а}$  и сопротивлением не свыше  $100 \text{ ом}$ ). Гальванометр (рис. 7.4) соединяется с клеммами  $K_{\text{л}2}$  и  $K_{\text{л}3}$  (10 и 12 на рис. 7.3), замыкая термопару.

К клеммам  $K_{\text{л}4}$  и  $K_{\text{л}1}$  (13 и 11) в любом порядке присоединяются последовательно: миллиамперметр  $\text{mA}$  с пределом  $0,75 \text{ а}$  класса 0,2, ограничительное сопротивление  $R_3$  (равное напряжению источника питания, деленному на максимальную силу компенсационного тока), реостат  $R_1$  для грубой регулировки и реостат  $R_2$  для точной регулировки (с сопротивлением, в  $5\text{—}10 \text{ раз}$

меньшим, чем у реостата  $R_1$ ) и выключатель  $B_2$ . Напряжение аккумулятора  $B$  может выбираться от 1,3 до 12 в в зависимости от сопротивления реостатов.

Измерения интенсивности прямой солнечной радиации начинают с предварительного определения места нуля нульгальванометра, за которое можно принять его показание при нейтральном положении щитка 4 (рис. 7.2), когда обе полоски облучаются, а ток компенсации выключен. После этого поворачивают щиток 4 в левое положение, куда поворачивается и переключатель 9 ( $B_1$  на рис. 7.4). Гальванометр покажет нагрев одной только правой полоски. Включив компенсационный ток и увеличивая его, добиваются установки указателя нульгальванометра близ предварительного места нуля. Затем по возможности одновременно переключают щиток и переключатель, в результате чего указатель займет другое положение. Тогда в дальнейшем за место нуля будет приниматься среднее арифметическое из двух отсчетов положений указателя нульгальванометра. Регулировкой компенсационного тока указатель устанавливается в это положение; производится отсчет по миллиамперметру. Для исключения погрешности, вызванной несимметричностью при-

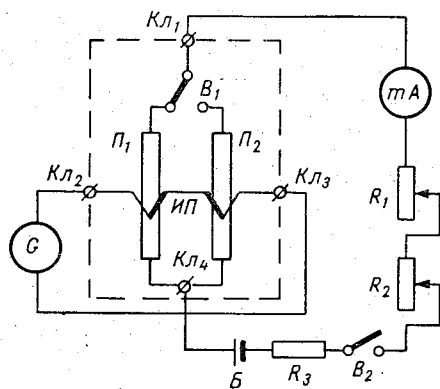


Рис. 7.4. Схема соединения пиргелиометра Онгстрема с измерительными приборами.

бора (определяемой различием полос и спаев термопары), такие измерения повторяют 5—7 раз. После каждого отсчета производится переключение щитка и переключателя и в случае необходимости регулируется сила компенсационного тока, так чтобы указатель нульгальванометра устанавливался в определенное положение.

Обработка ведется по формуле  $S = Ka^2(N + \Delta N)^2$ , где  $N$  — отсчет по миллиамперметру в делениях шкалы,  $\Delta N$  — поправка к отсчету в делениях из паспорта к миллиамперметру,  $a$  — цена деления миллиамперметра в амперах, зависящая от температуры амперметра, и  $K$  — переводный множитель пиргелиометра. При подсчете средней из серии отсчетов первый и последний отсчеты принимаются с половинным весом. Наблюдения по пиргелиометру производятся обычно для проверки актинометров, а поэтому выполняются при устойчивой интенсивности радиации.

Один раз в 5—6 лет проверяют сохранность переводного мно-

жителя  $K$ , для чего пиргелиометр сравнивают с эталонным (или контрольным) пиргелиометром.

**Термоэлектрический актинометр АТ-50.** Прибор (рис. 7.5) предназначен для измерений и непрерывной регистрации прямой солнечной радиации; он используется также и в качестве контрольного прибора. Приемником радиации служит диск **1** (рис. 7.6 *a*) из серебряной фольги толщиной 3  $\mu\text{м}$  и диаметром 11  $\text{мм}$ . Обращенная к солнцу сторона покрыта матовым черным

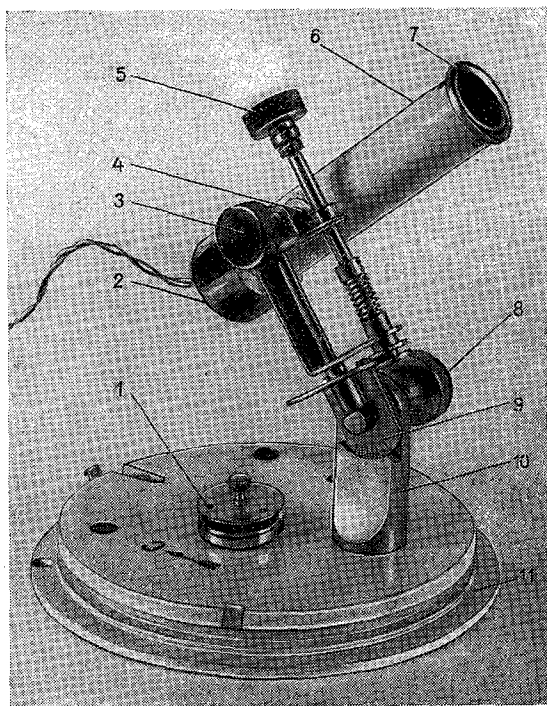


Рис. 7.5. Термоэлектрический актинометр АТ-50.

лаком, а к другой стороне через папиросную бумагу **3** приклеены 26 спаев **2** звездообразной термобатареи, составленной из манганиновых и константановых ленточек. К центру обращены нечетные спаи. Четные спаи приклеены через папиросную бумагу к медному кольцу **4**, зажатому в корпусе (рис. 7.6 *б*) между чашкой **9** и втулкой **11**. Выводы **8** термобатареи через клеммы **7** выпущены наружу через кожух **5**, предохраняющий корпус от нагревания рукой наблюдателя. Кожух прикреплен гайкой **6**. В корпусе и во втулке **11** имеется ряд диафрагм **10**, **12**, **13**, создающих приемный угол, равный  $10^\circ$ .

Выводы термобатареи присоединяются к гальванометру, показания которого пропорциональны термоэлектродвижущей силе, а т.э.д.с. пропорциональна разности температур

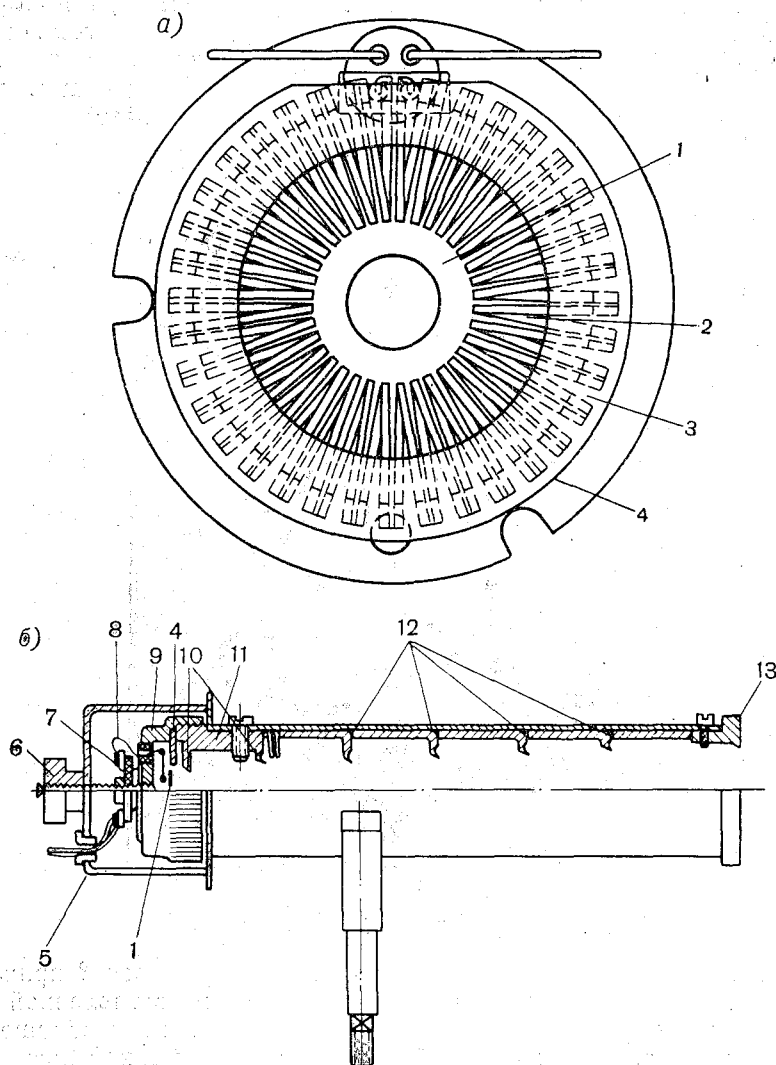


Рис. 7.6. Термозвездочка актинометра сзади (а) и продольное сечение трубки актинометра (б).

центральных и периферийных спаев, а эта разность пропорциональна интенсивности радиации. Чувствительность актинометра равна  $7 \text{ мв} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мин/кал}$ ; сопротивление термобатареи  $14 \text{ ом}$ ,

инерция (время установки с точностью до 1%) 25—30 сек. Чувствительность системы актинометр+гальванометр+добавочное сопротивление падает на 1% при росте температуры на 10°.

Установка актинометра для наблюдений производится с помощью штатива, состоящего из основания 11 (рис. 7.5) и стойки 10, на которой ось с рукояткой 5 располагается по оси мира, для чего основание ориентируется нанесенной на нем стрелкой на север. Наклон оси регулируется сектором широт 9. Винтом 3 актинометр закрепляется на оси 4 соответственно склонению солнца; по часовому углу трубка 6 устанавливается с помощью рукоятки 5. Вращением по осям склонения и оси мира трубка нацеливается на солнце, причем тень от оправы 7 наружной диафрагмы должна располагаться концентрично на кольце-экране 2. Для более точного нацеливания служит отверстие в оправе 7 и черная точка на белой поверхности экрана 2, на которую устанавливается световой зайчик. Для определения места нуля гальванометра трубка закрывается съемной крышкой 1 с защитным экраном.

Измерение производится после прогрева приемного диска в продолжение 2—3 мин на солнце при открытой трубке, нацеленной на солнце. Затем крышка надевается на 25—30 сек, после чего производится отсчет по гальванометру, принимаемый за место нуля. Затем крышка снимается и через 25—30 сек начинают наблюдения. Они состоят из серий отсчетов с интервалами 5 сек. Повторность отсчетов уменьшает погрешность из-за колебаний прозрачности атмосферы и случайные погрешности гальванометра. Каждые 7 мин корректируется положение трубки относительно солнца. Через 20—30 мин определение места нуля гальванометра желательно повторить. При этом измеряется его температура.

Обработка наблюдений производится по формуле

$$S = [(N_1 + N_2 + \dots + N_n) : n + \Delta N - (N'_0 + N''_0) : 2] a_T,$$

где  $\Delta N$  — поправка к шкале гальванометра на нелинейность,  $N'_0$  и  $N''_0$  — места нуля, определенные до и после серии отсчетов,  $a_T$  — переводный множитель, выбранный соответственно температуре гальванометра.

Проверка термоэлектрических актинометров производится с помощью параллельных одновременных наблюдений либо по пиргелиометру Онгстрема, либо по контрольному ранее хорошо поверенному актинометру, для которого известен переводный множитель при различных температурах. При проверке по пиргелиометру актинометр устанавливается недалеко от пиргелиометра, но так, чтобы миллиамперметр и нульгальванометр не стояли близко к гальванометру актинометра. По пиргелиометру и актинометру проводится 20—26 одновременных наблюдений. Интенсивность, определенная из каждого наблюдения

по пиргелиометру, делится на исправленный отсчет по актинометру и результаты осредняются для каждой тройки наблюдений, причем среднее наблюдение берется с двойным весом. Результат наносится в виде точки на график, где по оси абсцисс отложена температура гальванометра, а по оси ординат — переводный множитель актинометра. При использовании контрольного актинометра по эталонному и по поверяемому актинометрам проводятся 10 отсчетов с интервалами 10—15 сек. Солнечная радиация, определенная из отсчетов по контрольному актинометру, делится на средний исправленный отсчет по поверяемому актинометру. Результат — переводный множитель для данной температуры — также наносится в виде точки на график. Поверка актинометра по пиргелиометру производится только при высотах солнца больше  $22^\circ$ , при голубом небе и при отсутствии облаков на расстоянии  $20^\circ$  вокруг солнца.

### Измерение рассеянной и суммарной радиации

Для измерения радиации, приходящей из всех точек небесного свода, служит пиранометр. Чувствительный элемент пиранометра защищается от ветра полусферическим колпаком из прозрачного стекла. Колпак пропускает радиацию от 0,3 до 5  $\mu\text{км}$ , причем особенно высока прозрачность для волн диапазона 0,4—2,8  $\mu\text{км}$ . Поэтому пиранометры чувствительны к коротковолновой радиации и нечувствительны к длинноволновой радиации.

**Термоэлектрический пиранометр ПЗ×3.** В СССР выпускаются пиранометры с чувствительным элементом в виде квадратной термобатареи размером  $32 \times 33 \text{ мм}^2$ , состоящей из 87 термопар из марганца и константана. Часть спаев располагается на середине черных полей (покрытых сажей), а часть — на белых полях (окрашенных магнезией) (рис. 7.7).

Принцип работы пиранометра заключается в том, что коротковолновая радиация (прямая, рассеянная и отраженная) проходит сквозь стекло колпака и по-разному поглощается белыми и черными поверхностями, покрывающими термобатареи: белые поверхности поглощают около 15%, черные — до 98%. Полоски термоэлементов нагреваются пропорционально поглощенной радиации, следовательно, разность температур под черными и белыми полями тоже пропорциональна поглощенной, а значит, и поступающей радиации. Под черными полями сосредоточены четные, а под белыми — нечетные спаи термобатареи. Поэтому термоэлектродвижущая сила пропорциональна разности температур черных и белых полей и интенсивности коротковолновой радиации, поступающей к пиранометру. Для радиации с длиной волны более 4  $\mu\text{км}$  магнезия и сажа одинаковы черны, поэтому пиранометр нечувствителен к излучению стеклянного колпака.



Устройство пиранометра. На рис. 7.7 б показан вид головки пиранометра сверху, причем верхняя часть диафрагмы 4, прикрывающей основание, на котором монтируются батарейки 2 и выводы 3, удалена. Виден штифт 5 и винт 6, которые препятствуют повороту диафрагмы. Стекланный колпак 8 (рис. 7.7 в) укреплен на замазке в желобке кольца 7, привинченного к корпусу. Крышка 9 служит для защиты стекланный колпака. Прибор закрывается ею также при определении места нуля гальванометра. Горизонтальность положения термобатареи контролируется уровнем 10, установленным на планке 11, привинченной

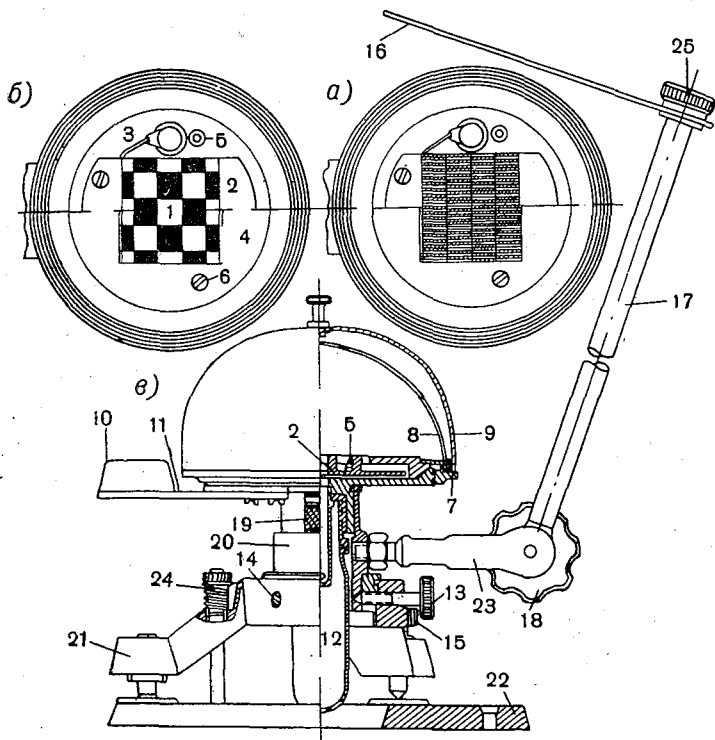


Рис. 7.7. Пиранометр ПЗ×3.

а — схема термобатареи, заштрихован манганец; б — вид головки сверху без половины диафрагмы, в — вид пиранометра с разрезанной правой половиной.

снизу к корпусу головки. Выводы от термобатареи припаяны к клеммам 19. Головка установлена на штативе, состоящем из стойки 20, закрепленной шпильками 14 и винтом 13 к треноге 21, винты которой 15 служат для нивелировки приемника; пружина 24 удерживает треногу на основании 22. В корпус головки ввинчена стекланный сушилка 12, наполненная силикагелем,

поглощающим водяные пары. Пространство под колпачком герметизируется. Эти меры предохраняют колпак от запотевания изнутри.

При измерении интенсивности рассеянной радиации штатив пиранометра поворачивается рычагом 23 к солнцу и экран 16 закрепляется винтом 18 на стержне 17 так, чтобы стеклянный колпак пиранометра оказался в тени. При этом экран должен быть удален от центра колпака на расстояние 5,72 диаметра

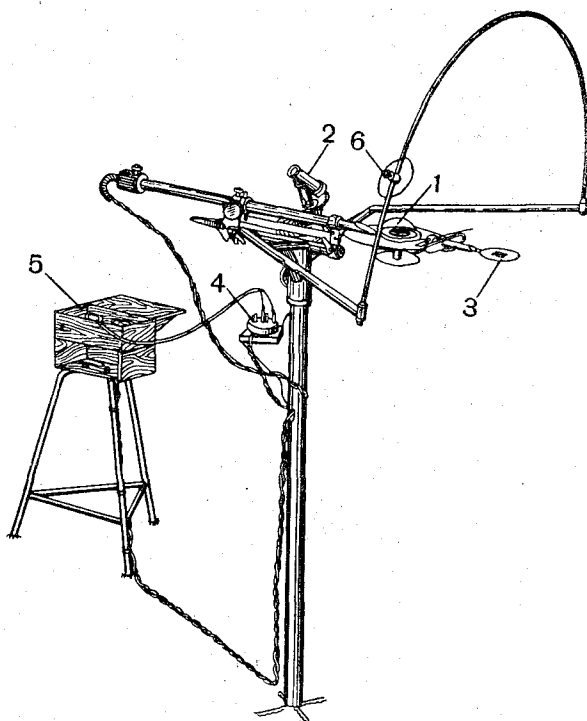


Рис. 7.8. Актинометрическая стойка М-13 с треногой для гальванометров.

экрана. Тогда пиранометром будет измерена радиация той части неба, к которой нечувствителен актинометр.

Чувствительность пиранометра около  $8,5 \text{ мв}$  на  $1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ , сопротивление  $35 \text{ ом}$ , время установления с точностью до 2% 30—60 сек.

**Альбедометры.** Это пиранометры, специально приспособленные для измерений отраженной радиации  $R_k$ . Для этого головка прибора установлена на шарнирах и ее можно поворачивать приемником вверх и вниз. На метеорологических станциях пиранометр 1 (рис. 7.8) устанавливается на специальной стойке

(вместе с балансомером 3) так, что может поворачиваться вокруг горизонтальной оси. Для затенения пиранометра служит экран 6, закрепленный на дуговой опоре. Головка устанавливается в тени путем перемещения ее вместе с рейкой, на которой она закреплена. Пиранометр может быть также установлен нормально к солнечным лучам. В этом положении на белом диске, расположенном на корпусе, тень от головки располагается концентрично диску. На стойке укреплен также актинометр 2. Переключателем 4 пиранометр может быть подключен к гальванометру 5.

**Универсальный пиранометр М-80** используется в качестве стационарного альбедометра и устанавливается на деревянной

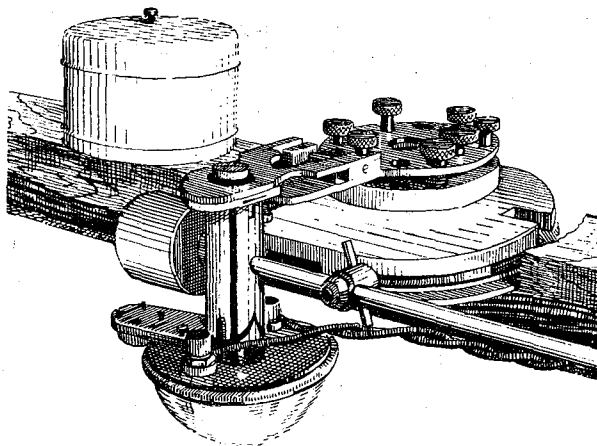


Рис. 7.9. Стационарный альбедометр в опрокинутом положении.

стойке. Шарнир позволяет опрокидывать стойку с головкой на  $180^\circ$  вокруг горизонтальной оси (рис. 7.9). Стекланный колпак может быть затенен экраном в обоих положениях головки.

**Походный альбедометр.** Этот прибор позволяет измерять как суммарную, так и рассеянную радиацию. При измерениях прибор на штанге можно держать в руке, так как он установлен на карданном (рамочном) подвесе (рис. 7.10). Пиранометр автоматически устанавливается в нужное положение — головкой вверх или при опрокидывании карданного подвеса — вниз. Для измерения рассеянной радиации походным альбедометром затеняющий экран устанавливается на вершине штанги в положении, нормальном солнечному лучу, а головка вносится в его тень на расстоянии от экрана, равном 5,75 его диаметра.

Установка пиранометра (стационарного альбедометра) производится на достаточно открытом месте, обычно на

юго-западном углу метеорологической площадки, где затенение от солнца допускается только тонкими мачтами флюгеров в соответствии с наставлениями. Прибор устанавливается на высоте 1,5 м в центре участка с однородной естественной поверхностью. Измерение пиранометром (альбедометром) проводится обычно одновременно с измерениями актинометром прямой солнечной радиации. При закрытом пиранометре определяется место нуля; пиранометр открывается и затеняется. Спустя 30—60 сек (инерция прибора) производится 2—3 отсчета рассеянной радиации с интервалами 5—10 сек, чередующиеся

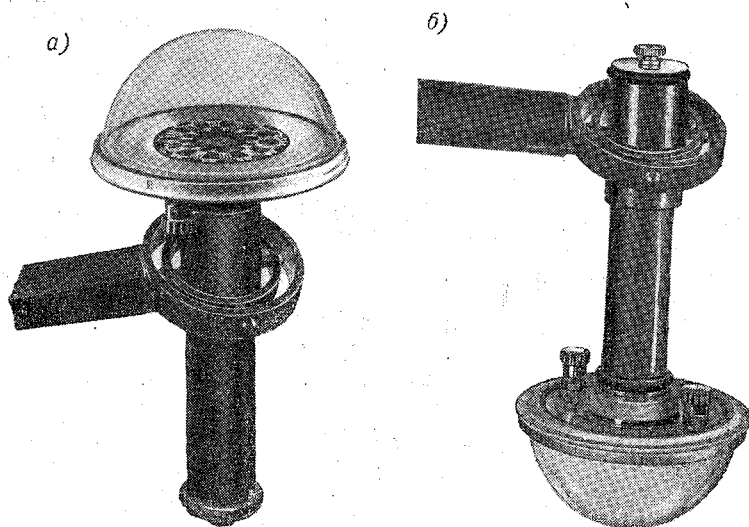


Рис. 7.10. Походный альбедометр.  
а — приемником вверх, б — приемником вниз.

с отсчетами прямой солнечной радиации по актинометру. Если облаков на диске солнца нет, то затеняющий экран опускается и 30—60 сек спустя производятся отсчеты суммарной радиации, затем пиранометр опрокидывается и 30—60 сек спустя производятся отсчеты отраженной радиации. Затем повторяются отсчеты рассеянной радиации, которая могла измениться за время наблюдений суммарной и отраженной радиации. При наблюдении отраженной радиации затенение стеклянного колпака необходимо только при малых высотах солнца, так как на актинометрической стойке в плоскости пиранометра установлен черный диск диаметром 400 мм, защищающий колпачок от прямых лучей при высоком солнце. Этот же диск при наблюдении суммарной радиации защищает колпачок от отраженной радиации при снеге.

Обработка измерений начинается с подсчета средних для каждой серии наблюдений. К ним придаются шкаловые поправки и вычитается место нуля. Исправленные таким образом показания пиранометра умножаются на поправочный множитель, зависящий от угла падения радиации на пиранометр. Этим исключаются погрешности, связанные с тем, что 1) стеклянные колпаки оптически неоднородны и отдельные их участки могут действовать и как рассеивающие и как собирательные линзы; 2) части внутренней поверхности сферы действуют как вогнутое зеркало, отражая на приемник часть радиации в зависимости от угла падения радиации; 3) поверхности термобатареи имеют неровности и в этих участках они не являются строго горизонтальными. Наибольшая погрешность получается при измерении прямой солнечной радиации. Поэтому на поправочный множитель  $F_h$  умножают только разности между значениями суммарной и рассеянной радиаций, т. е. значение прямой радиации:

$$Q = [(N_Q - N_D) F_h + N_D] a_n,$$

где  $a_n$  — нормальный переводный множитель для прямой солнечной радиации  $N_Q$  и  $N_D$  — соответственно исправленный средний отсчет суммарной и рассеянной радиации. Таким образом, значения рассеянной и отраженной радиации определяются выражениями:

$$D = N_D a_n \quad \text{и} \quad R_k = N_R a_n.$$

В этом случае поправочный множитель для рассеянной радиации и отраженной радиации не принят в расчет, так как он близок к единице.

В случае когда параллельно с пиранометром производились наблюдения по актинометру, суммарная радиация более точно определяется из выражения  $Q = S \sin h + D$ .

Проверка пиранометра основана на том, что прямая солнечная радиация может быть измерена как пиранометром, так и актинометром. Определив  $S'$  в абсолютных единицах из показаний актинометра и разделив это значение на разность показаний пиранометра на солнце  $N_Q$  и в тени  $N_D$ , получают

$$a_h = \frac{S'}{N_Q - N_D} \quad (7.3)$$

переводный множитель или цену деления гальванометра, подключенного к пиранометру. Значок  $h$  поставлен здесь потому, что, как указывалось, чувствительность пиранометра зависит от угла падения. Нормальный переводный множитель  $a_n$  может быть получен, если при наблюдении суммарной и рассеянной радиации пиранометром расположить его приемную поверхность нормально солнечным лучам.

Из нормального переводного множителя  $a_n$ , зная цену деления гальванометра в микроамперах  $\alpha$ , сопротивление всей цепи, включая сопротивление термобатареи  $R_b$  и сопротивление гальванометра  $R_r$  со всеми добавочными сопротивлениями и соединительными проводами, вычисляют чувствительность  $K$  пиранометра в мв на  $1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ :

$$K = \frac{\alpha}{1000 a_n} (R_b + R_r). \quad (7.4)$$

Величину  $K$  обычно записывают в поверочное свидетельство к пиранометру. Если затем для наблюдений применить гальванометр с известной ценой деления, то из формулы (4) можно вычислить  $a_n$  — переводный множитель для пиранометра с данным гальванометром.

Переводный множитель зависит от температуры. Для пиранометра, применяемого с актинометрическим гальванометром ГСА-1, он растет на 0,9% на каждые  $10^\circ \text{C}$ .

Проверка пиранометра может производиться также с помощью поверочной установки, состоящей из трубы с рядом диафрагм внутри и зачерненными внутренними стенками. Пиранометр вставляется в нижнее отверстие трубы. Труба нацеливается на солнце и устанавливается так, чтобы пиранометр был освещен перпендикулярно падающими прямыми солнечными лучами. Таким образом, труба превращает пиранометр в актинометр. Определение переводного множителя в этом случае производится так же, как для актинометра.

Определение поправочного множителя на угол падения ( $z = 90^\circ - h$ ) сводится к определению переводного множителя при нескольких высотах солнца  $a_h$  и нормального множителя  $a_n$ . Тогда поправочный множитель находят из отношения  $F_h = a_n / a_h$ . Однако при этом способе в  $F_h$  вносится зависимость чувствительности не только от угла падения, но и от длины волны, так как при разных высотах солнца его спектр различен. Чаще угол падения солнечной радиации меняют искусственно, вращая пиранометр вокруг оси, нормальной к лучу. Вместо солнечного излучения можно использовать свет лампы накаливания, сделанный параллельным с помощью большой конденсорной линзы. Это делается на специальной поверочной актинометрической установке в лаборатории.

### Измерение баланса радиации

**Балансомер** имеет две приемные пластины с зачерненными поверхностями, расположенные на двух противоположных сторонах прибора. При измерениях одна из них обращена к исследуемой поверхности (вниз), а другая — в противоположную сто-

рону (вверх). На верхнюю пластину падают потоки прямой радиации (на горизонтальную поверхность)  $S'$ , рассеянной коротковолновой  $D$  и длинноволновой  $E_a$  радиации. Сама пластинка излучает (в соответствии со своей температурой) поток  $E_T = \delta \sigma T^4$ . На черную поверхность пластинки, обращенную вниз, падают потоки отраженной коротковолновой радиации  $R_k$  и длинноволновой  $R_d$ , инфракрасного излучения поверхности земли  $E_z$ . Сама пластинка излучает (в соответствии со своей температурой  $T'$ ) поток  $E_{T'} = \delta \sigma T'^4$ . Измерению подлежит разность

$$B = S' + D + E_a - (R_k + R_d + E_z),$$

которая определяется в конечном счете пропорциональной ей разностью температур пластин.

В балансомерах благодаря хорошему тепловому контакту между пластинами разность их температур невелика, поэтому и излучения  $E_T$  и  $E_{T'}$  практически равны. Температура каждой из пластинок отличается от температуры окружающего воздуха, поэтому она зависит от скорости ветра (с увеличением скорости ветра улучшается теплообмен между пластинками и окружающим воздухом). При этом более теплая пластинка охлаждается больше, уменьшается разность температур, а следовательно, и чувствительность балансомера. Для учета влияния ветра вводится поправочный множитель. Его значения меняются в зависимости от скорости ветра в относительно небольших пределах (примерно от 1,03 для 1 м/сек до 1,3 для 16 м/сек).

Устройство балансомера М-10 показано на схематическом разрезе на рис. 7.11 а. Верхняя 1 и нижняя 2 приемные пластинки сделаны из оксидированной меди толщиной 0,04 мм, зачерненной снаружи оптическим матово-черным лаком. К пластинкам через изоляционную прокладку из папиросной бумаги подклеены спайи термобатарей: нечетные спайи 3 к верхней пластинке, а четные 4 — к нижней. Термобатарея состоит из десяти секций, намотанных на медных брусках 5. Одна собранная секция показана на рис. 7.11 б. Брусок покрыт тонким слоем изоляции, поверх которого намотана константановая лента сечением  $1,2 \times 0,03$  мм<sup>2</sup>. Половина каждого витка посеребрена, причем граница серебряного слоя находится на середине плоской части бруска.

Термобатарея уложена в вырез рамки, заклеена шеллаком или другой изолирующей массой и закрыта приемными пластинками. Поверх пластинок привинчены две тонкие луженые снаружи рамки. К корпусу диаметром 96 мм, состоящему из трех рамок, припаяна рукоятка, внутри которой проходят провода, соединенные с полюсами термобатарей (рис. 7.11 в). Корпус с рукояткой закрывается от осадков чехлом, опирающимся на крышку, прикрепленную к рукоятке. В комплект балансомера

добавляются два шаровых шарнира: один для рукоятки балансомера, а другой для стержня с теньевым экраном. Последний устанавливается на стандартном расстоянии от приемника, равном  $5,72$  диаметра экрана.

Установка балансомера производится на актинометрической стойке (рис. 7.8) в одной плоскости с пиранометром.

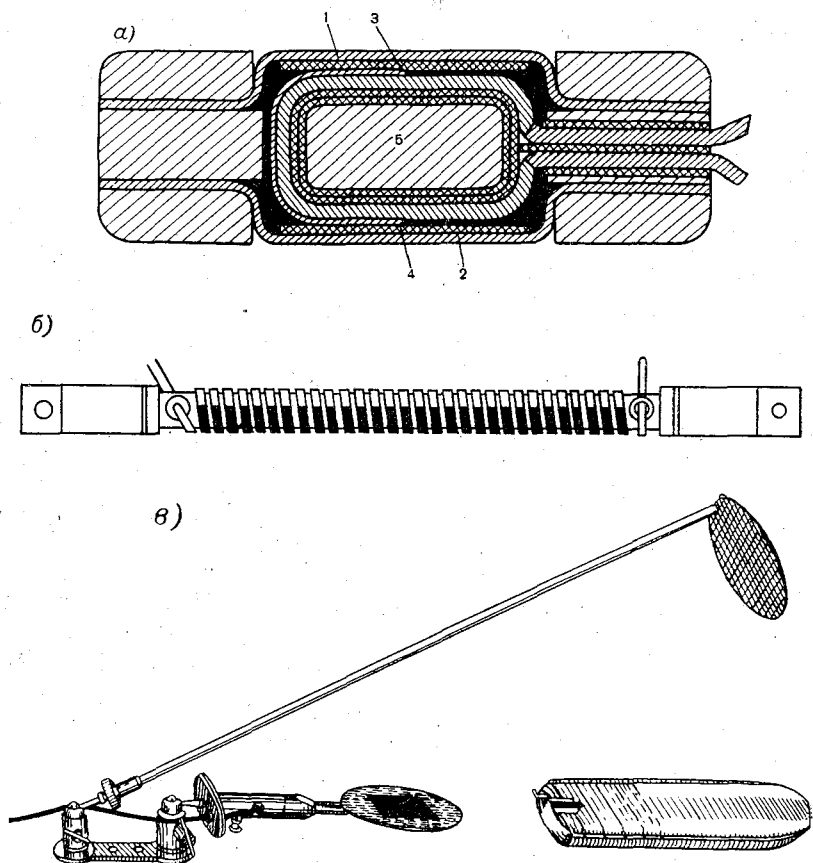


Рис. 7.11. Термоэлектрический балансомер М-10.

*а* — схематический разрез, *б* — вид одной батареи, *в* — внешний вид балансомера на шарнирах с затенителем и снятым футляром.

Приемные поверхности балансомера должны быть горизонтальны, взаиморасположение их (верх, низ) безразлично. При передвижении рейки, на которой укреплен балансомер, он может быть перемещен в тени экрана. Скорость ветра определяется индукционным анемометром АРИ-49, устанавливаемым на одном уровне с балансомером. Применение балансомера в затененном



положении выгодно тем, что при этом абсолютные значения отсчетов и влияние ветра на показания оказываются наименьшими, если не считать наблюдений при снежном покрове. (Прямая солнечная радиация с несравненно большей точностью может быть определена из показаний актинометра.)

Измерения по балансомеру должны содержать не менее трех отсчетов параллельно по балансомеру и ветромеру, а если балансомер затенен от прямой радиации, то и по актинометру. При отсутствии актинометра прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность может быть определена из двух показаний пиранометра по разности между суммарной и рассеянной радиацией.

Если установлено, что чувствительности сторон отличаются более чем на 5%, то измерения (в особенности незатененным балансомером) производятся поочередно каждой стороной вверх с записью номера стороны. Поворачивая первую сторону вверх при высоком солнце и открытом приемнике, соединяют балансомер с гальванометром так, чтобы стрелка отклонялась вправо. Если балансомер присоединяется через переключатель, то такое положение переключателя отмечается знаком «+», причем знак меняется на обратный в следующих случаях: а) при отклонении стрелки влево от нуля, б) при переключении в другое отрицательное положение переключателя и в) при переворачивании балансомера вторым приемником.

Обработка измерений начинается с исправления отсчетов, причем шкаловая поправка, не превышающая 2% показания гальванометра, не вводится, поскольку точность отдельных наблюдений оценивается в 5—15%. Из средней арифметической из серии отсчетов вычитается место нуля. (За место нуля принимается показание гальванометра, замкнутого на манганиновое сопротивление, примерно равное сопротивлению балансомера, или показание при разомкнутой цепи.) Находится также средняя скорость ветра для серии и вводится поправочный множитель.

Интенсивность остаточной радиации вычисляется по формуле

$$B = S' + (\bar{N}_{B-S'} - N_0) \Phi_B a_0,$$

где  $N_{B-S'}$  — средний отсчет при затененном от прямой солнечной радиации балансомера,  $N_0$  — отсчет нуля,  $a_0$  — переводный множитель.

Необходимо отметить, что применение одного  $a_0$ , определенного по действию коротковолновой радиации, справедливо только для приборов, покрытых неселективным матово-черным лаком.

У некоторых приборов множитель  $a_d$  для длинноволновой радиации на 5—8% выше  $a_0$  и поэтому расчет баланса ведется по

более сложной формуле, когда коротковолновый баланс вычисляется отдельно:

$$B = S' + \left[ (\bar{N}_{B-S'} - N_0) \Phi_0 - \frac{D - R_k}{a_0} \right] a_d + D - R_k.$$

Поверка балансомера производится двояким образом. Один из способов поверки такой же, как и пиранометра, производится по методу солнца — тени одновременным измерением прямой солнечной радиации балансомером и актинометром. При этом определяется чувствительность к коротковолновой радиации. Проще, хотя и менее точно, определять переводный множитель при горизонтальном положении балансомера. При этом вводится отсчет по незатененному балансомеру, а если нужно, поочередно обеими сторонами вверх.

Поверка балансомеров в бюро поверки производится сравнением их показаний с образцовым балансомером или актинометром под воздействием искусственного источника излучения.

### Регистрация измерений

Непрерывная регистрация различных видов лучистой энергии производится с помощью рассмотренных выше приборов, оснащенных вспомогательными устройствами, обеспечивающими либо их автоматическое нацеливание на солнце, либо затенение от прямой солнечной радиации. Для записи электродвижущей силы используются самопишущие гальванометры (милливольтметры), автоматические потенциометры. В последнее время для измерения сумм радиации стали применяться также электролитические интеграторы.

**Милливольтметр самопишущий щитовой пирометрический шестизаписный типа МСЩПр-0618.** Для актинометрии в этих приборах производят ряд изменений: перематывается рамка, предел измерения снижается до 3 мв, сопротивление рамки — до 50 ом, частота включения регистрирующего устройства снижается со 180 до 60 в минуту.

В нижней части на панели помещены клеммы для подключения датчиков, клеммы дополнительных сопротивлений и тумблеры-переключатели для изменения чувствительности милливольтметра.

**Гелиостат.** Эта установка необходима для автоматического нацеливания актинометра 1 (рис. 7.12) на солнце вращением оси 2 часовым механизмом 3. Дуга 4 зажимается на диске 5 так, чтобы наклон оси 2 соответствовал широте места, а диск поворачивается так, чтобы плоскость дуги совпала с плоскостью меридиана. Винты 6 служат для установки диска по уровню 7. Верньеры 8 и 9 позволяют регулировку оси актинометра по скло-

нению и часовому углу. Установка, состоящая из актиометра на гелиостате и гальванографа, называется актинографом.

**Теневое кольцо 1** к пиранометру 2 (рис. 7.13 а) служит для непрерывного его затенения от прямой радиации при регистрации рассеянной радиации (пиранографом), для чего кольцо винтами 3 и 4 укрепляется в таком положении, чтобы наклон его был равен дополнению к широте места. Трубка 5 закрепляется в направлении оси мира. Винтом 6 она устанавливается так, чтобы пиранометр был затенен от солнца. Винтами 7 приемная поверхность пиранометра устанавливается горизонтально так, чтобы ее центр совпал с осью 5.

**Теневое полукольцо 1** (рис. 7.13 б) к балансомеру 2 устанавливается, так же как к пиранометру, вращением около оси 3 с закреплением распорок винтами 4. Летом на севере возникает необходимость в применении дополнительных щитков (показан только северо-западный 5). Эти щитки снимаются, как только с уменьшением склонения солнца балансомер поднимается по направляющим 6 выше уровня среза полукольца. Переключатель 7 заменяет балансомер одинаковым манганиновым сопротивлением. При осадках балансомер закрывается чехлом 8.

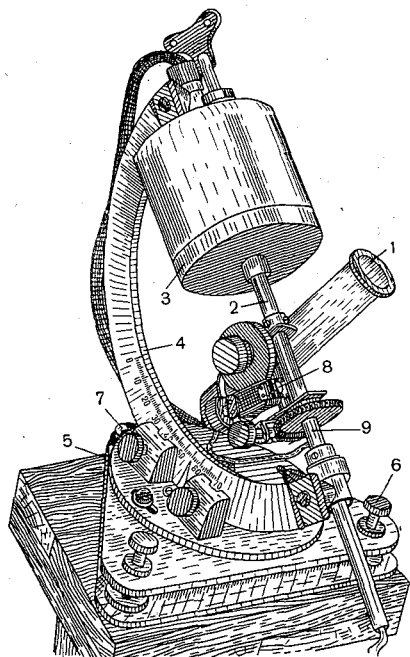


Рис. 7.12. Гелиостат с актинометром.

**Обработка регистраций.** Если на ленте не печатаются полные часы автоматически, то для проведения линий, соответствующих целым часам истинного солнечного времени, используются записи времени отметок места нуля при надевании крышек на приемники. При обработке записей пользуются графиком, составленным на основании синхронных срочных наблюдений. Графики для переходных сезонов составляются ежемесячно. Кривизна графиков определяется заранее проверкой самописцев. Средняя за час ордината переводится в интенсивность, а умножением на 60 — в сумму. Округленные до калорий часовые суммы подсчитываются по дням и по часам за декады и месяцы.

**Интегратор Х603** служит для непосредственного определения сумм радиаций любого вида за сутки или меньший срок. Он представляет собой водородный счетчик, состоящий из герметической камеры 1 (рис. 7.14), разделенной надвое пористой перегородкой 5, пропитанной раствором серной кислоты в воде. Трубка 2—3 и капилляр 4, соединяющие половинки камеры, наполнены водородом. Соотношение объемов водорода в частях 2, 3 определяется отсчетным столбиком 10 из серной кислоты, помещенным в капилляр. Актинометрический прибор включается

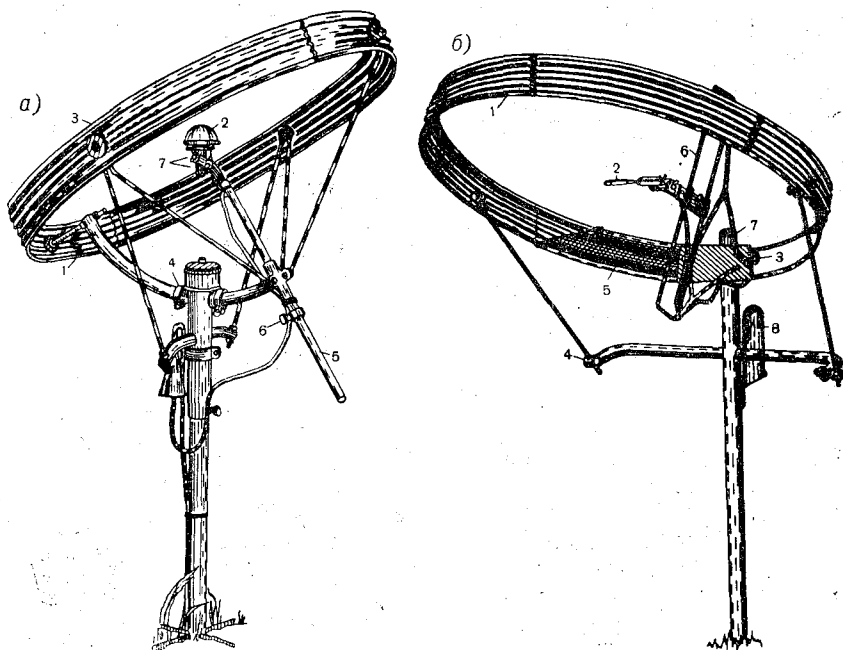


Рис. 7.13. Теневые кольца (поставлены по широте  $60^\circ$ ).

*а* — теневое кольцо к пиранографу М-41М, *б* — теневое полукольцо М-88 к балансографу.

на сетчатые платиновые электроды 6, причем ток разлагает серную кислоту, выделяя на катоде водород и поглощая такое же его количество на аноде. Возникающая разность давлений перемещает каплю — указатель по капилляру — на расстояние, пропорциональное прошедшему количеству электричества. Сто делений шкалы соответствуют 30—60 микроамперчасам. Для регулирования силы тока служат сопротивления, включенные между клеммами 1 — 6.

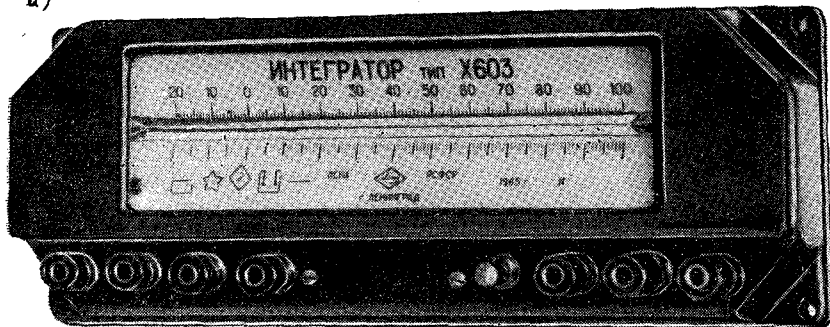
Зная емкость шкалы в микроамперчасах  $E$ , чувствительность приемника  $K$  и сумму сопротивлений (интегратора  $R_{\text{и}}$ , линии, соединяющей интегратор (в комнате) с приемником (на пло-

шадке),  $R_n$  и термобатареи  $R_6$ ), можно определить цену одного деления в  $\text{кал}/\text{см}^2$  по формуле

$$A = \frac{60E(R_n + R_6 + R_n)}{100 \cdot 1000 \cdot K}.$$

Для возвращения указателя в начальное положение служат добавочные электроды 7 с выводами 9, к которым тумблером  $T$

а)



б)

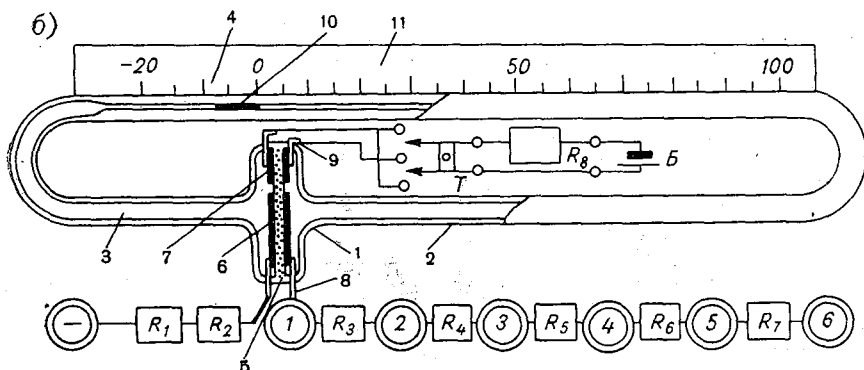


Рис. 7.14. Электролитический интегратор Х603.

а — внешний вид, б — схема.

подключается в нужном направлении ток от элемента  $B$  через добавочное сопротивление  $R_8$ .

**Гелиограф.** Продолжительность солнечного сияния есть число часов, когда солнечный диск не закрыт облаками, но находится настолько выше горизонта, что интенсивность радиации превышает  $0,3 \text{ кал}/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ . В СССР принят гелиограф Кемпбелля—Стокса универсальной или полярной модели. Основной частью гелиографа служит стеклянный шар 8 (рис. 7.15 а), действующий

в качестве собирающей линзы. В фокусе шара расположена сферическая чашка 5 с тремя парами пазов, в которых укрепляется синяя картонная лента, разграфленная на десять

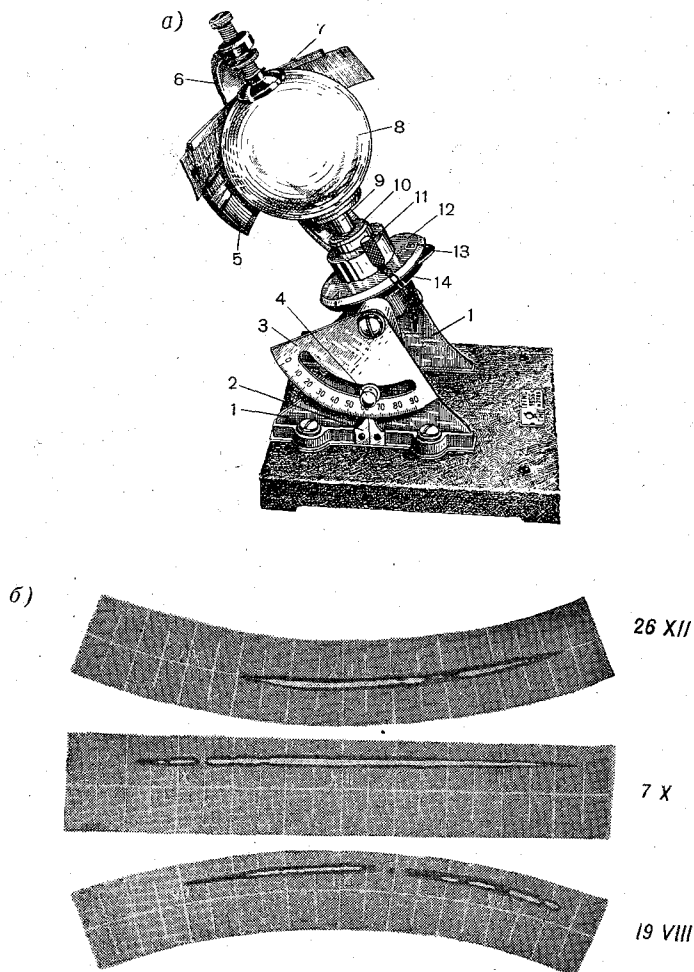


Рис. 7.15. Гелиограф Кемпбелля—Стокса полярной (универсальной) модели.

а — внешний вид прибора, б — зимняя, весенне-осенняя и летняя (внизу) ленты.

часов. При видимом движении солнечного диска по небосводу его изображение прожигает след (рис. 7.15 б). Шар с чашкой и держателями 10, 6, 9 может переставляться в одно из четырех

положений в зависимости от длины дня: А — утром и В — вечером при длине дня более 10 час и менее 19 час, Б — при длине дня меньше 10 час и А, В, Г — при длине дня более 19 час. Около дней равноденствий ставятся прямые ленты в среднюю пару пазов (рис. 7.15 б), около дней солнцестояний — кривые ленты в крайние пары пазов. Смена лент и перестановка чашки буквами диска 11 против указателя 13 производятся при коротком дне после захода солнца (без перестановки чашки), при среднем дне, кроме того, еще в 10—13 час по истинному времени, а при длинном дне чашка переставляется при каждой смене лент в сроки 3—5 час (в положение А), 11—13 час (в положение В) и 19—21 час (в положение Г).

На некоторых южных станциях применяются гелиографы так называемой обыкновенной модели, у которых чашка неподвижна, а ленты применяются трех различных видов: короткие кривые (зимние), прямые (весенне-осенние) и длинные кривые (летние). Эти приборы применимы до широты 55°.

Установка гелиографа производится на открытом месте (на крыше или башне) на деревянной доске, укрепленной на прочном основании. На метеорологической площадке гелиограф устанавливается на высоте 2 м на столбе. Горизонтальность основания проверяется уровнем. Стойки 1 и квадрант 3 ориентируются по меридиану. Ось 9 ставится по оси мира с помощью указателя 2 и закрепляется винтом 4. Проще всего в истинный полдень закрепить гелиограф на доске так, чтобы изображение солнца оказалось на полуденной черточке чашки и ленты.

Уход за прибором заключается в содержании шара в чистоте и в проверке положения прожога в истинный полдень ежемесячно.

Смена лент и поворот чашки производятся при полностью затененном шаре корпусом наблюдателя, для чего с юга от гелиографа к столбу приставляется лесенка.

Обработка лент заключается в определении по делениям ленты продолжительности солнечного сияния по длине прожогов с точностью до десятых долей часа. Правильность установки ленты проверяется по положению прокола на два часа вправо от средней линии ленты. При снятии длин прожога принимают во внимание даже очень слабые потемнения ленты и записи в виде отдельных точек.

В зависимости от прозрачности шаров и качества картонных лент (цвета и сорта) прожоги ленты начинаются при интенсивности от 0,25 до 0,4 кал/см<sup>2</sup> · мин. Кроме того, прожигание ленты утром начинается быстрее, чем в остальное время суток, из-за более высокой прозрачности атмосферы. Все это вносит некоторую неточность в определение действительной продолжительности солнечного сияния.

## Измерение содержания озона в атмосфере

Молекула озона состоит из трех атомов кислорода ( $O_3$ ). Озон содержится в атмосфере главным образом в слое от 10 до 60 км над поверхностью земли. Несмотря на то что общее количество озона в атмосфере незначительно, озон оказывает большое влияние на ход атмосферных процессов. Это объясняется тем, что он интенсивно поглощает солнечную радиацию в отдельных областях ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной частей спектра. За счет поглощения озоном солнечной радиации верхние слои атмосферы значительно нагреваются.

Вертикальное распределение озона в атмосфере и его общее содержание зависят от широты места, времени года и метеорологических факторов.

Количество озона в атмосфере характеризуется толщиной слоя в сантиметрах, который образовал бы весь озон, содержащийся в вертикальном столбе атмосферы, при давлении 1013 мб и температуре  $0^\circ$ .

Аналогично количество озона в каком-либо слое атмосферы также выражают толщиной слоя озона в сантиметрах, содержащегося в столбе атмосферы высотой 1 км, приведенного к нормальным условиям.

Общее содержание озона в атмосфере колеблется в пределах 0,15—0,60 см.

Количество озона в атмосфере (или слое атмосферы) определяют по интенсивности поглощения озоном солнечной радиации.

В настоящее время ряд гидрометеорологических станций регулярно, в соответствии с действующим Наставлением, производит озонметрические измерения.

**Универсальный озонметр М-83.** В Гидрометеорологической службе СССР для измерения количества озона в атмосфере принят универсальный озонметр, разработанный в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова Г. П. Гушиным. С помощью этого прибора содержание озона в атмосфере можно определять по прямому излучению Солнца, отраженному Луной свету и по рассеянному излучению неба и облаков в зените (ясному и облачному зениту). Измерения можно производить с поверхности Земли, а также с борта корабля и самолета.

Определение количества озона с помощью универсального озонметра основано на принципе измерения и сравнения интенсивности ультрафиолетовых излучений, находящихся в различных участках спектра: в полосе поглощения озона (220—330 мкм) и вне ее.

Ультрафиолетовое излучение в полосе поглощения озона при прохождении атмосферы поглощается озоном и рассеивается молекулами воздуха и атмосферным аэрозолем.



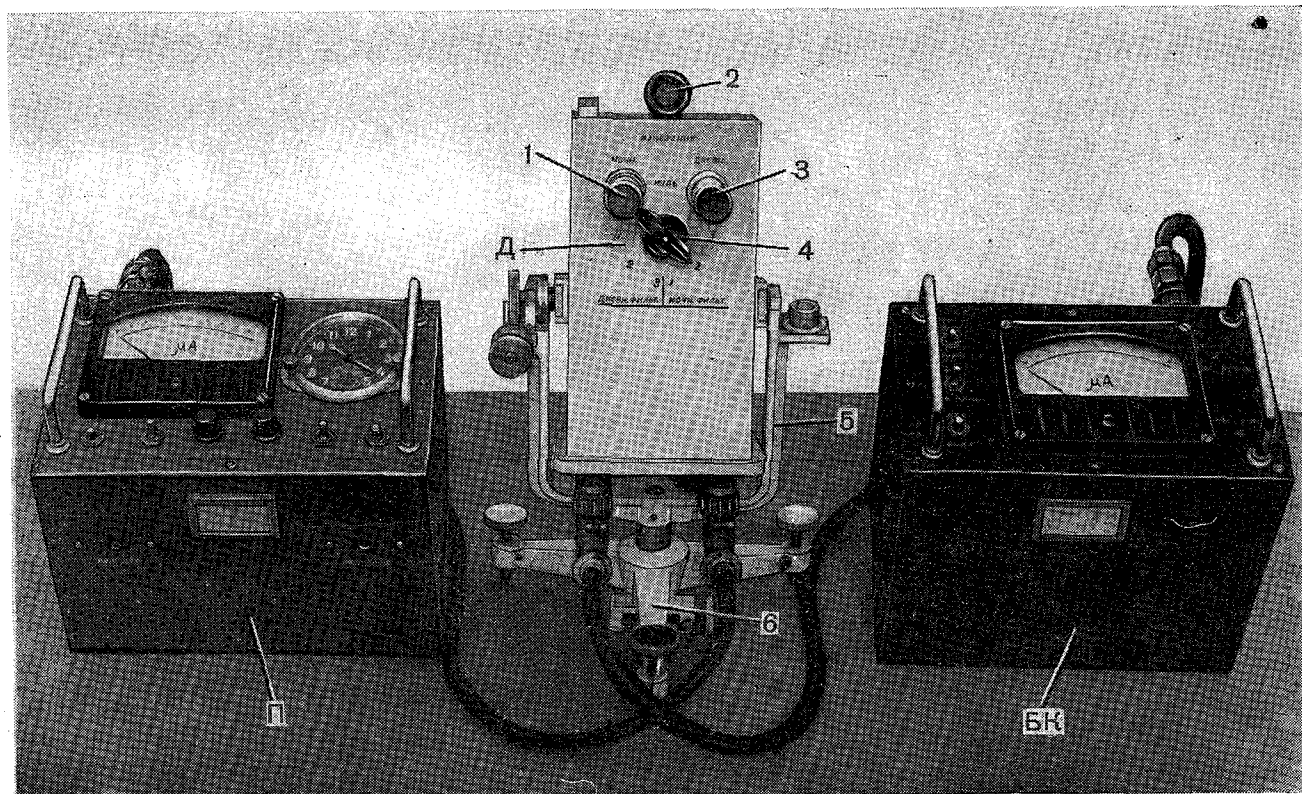


Рис. 7.16. Озонометр. Внешний вид.

Ультрафиолетовое излучение вне полосы поглощения озона только рассеивается молекулами воздуха и атмосферным аэрозолем.

Универсальный озонометр (рис. 7.16) состоит из датчика Д со специальной треногой, пульта управления П, блока для ночных измерений и контроля БК.

На рис. 7.17 показана принципиальная электрическая схема озонометра. Датчик содержит фотоумножитель  $\Lambda_1$ , на который направляется радиация при ночных и дневных (по ясному и облачному зениту) измерениях, и фотоэлемент  $\Lambda_2$ , на который

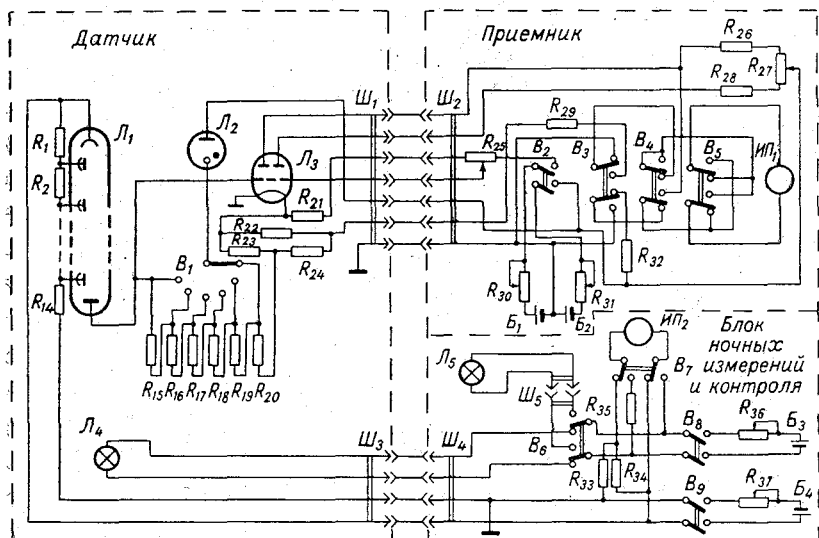


Рис. 7.17. Принципиальная электрическая схема озонометра.

направляется радиация при дневных измерениях по прямому излучению солнца. Фотоэлемент подключен к усилителю постоянного тока, выполненному на лампе  $\Lambda_3$ . Усиление регулируется с помощью переключателя  $B_1$ , включающего последовательно фотоэлементу то или иное сопротивление  $R_{15}-R_{20}$  (от 200 ком до 50 Мом). При этом скачкообразно изменяется коэффициент усиления.

Лампочка  $\Lambda_4$  является источником излучения для фотоэлемента и фотоумножителя при контрольных измерениях.

Датчик с помощью кабелей со штепсельными разъемами  $\text{Ш}_1$  и  $\text{Ш}_2$  подключен к пульта управления и с помощью  $\text{Ш}_3$  и  $\text{Ш}_4$  — к блоку для ночных измерений и контроля. В пульте управления расположены измерительный прибор  $\text{ИП}_1$  (микроамперметр), служащий для производства измерений и контроля напряжения

питания, тумблеры  $B_1—B_5$  для управления и включения измерительной цепи и цепей питания установки (питания фотоэлемента, усилителя и др.). Потенциометры  $R_{26}$  и  $R_{27}$  позволяют устанавливать нуль тока в измерительной цепи микроамперметра в начале измерений.

Блок для ночных измерений и контроля обеспечивает с помощью батарей  $B_3$  и  $B_4$  питание фотоумножителя и контрольных накаливаемых лампочек (расположенной внутри датчика  $L_4$  и внешней  $L_5$ ). С помощью тумблеров  $B_6—B_8$  обеспечивается

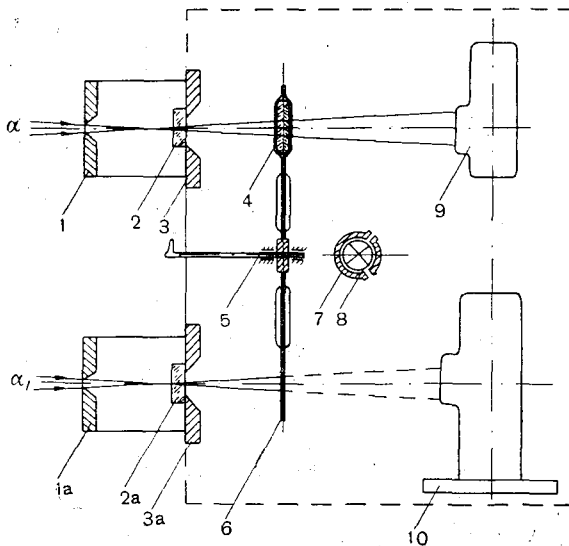


Рис. 7.18. Оптическая схема озонметра.

включение питания и замыкания измерительных цепей. Микроамперметр  $ИП_2$  служит для контроля напряжения питания и производства измерений. Напряжение питания регулируется реостатами  $R_{36}$  и  $R_{37}$ .

На рис. 7.18 показана оптическая схема датчика. Она имеет два идентичных оптических канала. Один используется для измерения по солнцу, второй — для измерений по луне и зениту неба (на рисунке обозначения с индексом  $a$ ). Радиация из атмосферы, ограниченная телесными углами  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , величина которых определяется размерами круглых отверстий диафрагм 1 ( $1a$ ) и 3 ( $3a$ ), проходит через защитную кварцевую пластинку 2 ( $2a$ ) и светофильтры 4 и попадает (в зависимости от положения светового фильтра) на фотоэлемент 9 или на фотоумножитель 10. Светофильтр 4 вмонтирован в отверстие непрозрачного диска 6.

При повороте диска вокруг оси 5 в ту или иную сторону светофильтр 4 устанавливается против фотоэлемента 9 (при этом канал к фотоумножителю перекрыт диском) или против фотоумножителя 10 (фотоэлемент перекрыт диском). Лампочка 8 служит при контрольных измерениях источником радиации, освещая через щели колпачка 10 фотоэлемент и фотоумножитель.

Датчик Д (рис. 7.16) размещен в корпусе прямоугольной формы со съёмным дном. На передней стороне корпуса выступают два тубуса 1 и 3. Тубусом 1 пользуются при измерениях по луне и зениту неба, а тубусом 3 — при измерениях по солнцу. Тубусы закрываются съёмными колпачками. Рукоятка 4 служит для поворота диска со светофильтрами при переключении их с одного тубуса на другой. В диске установлено три светофильтра. При измерениях пользуются двумя светофильтрами поочередно — одним для пропускания лучей света с длиной волн в области полосы поглощения озона с максимумом пропускания на 314 мкм и вторым для волн вне полосы поглощения озона с максимумом пропускания на 369 мкм. Третий фильтр также пропускает излучения вне полосы поглощения озона (около 530 мкм). Он используется при контрольных измерениях. На передней стенке корпуса у рукоятки 4 нанесены цифры и надписи, указывающие порядок смены светофильтров при дневных и ночных измерениях и соответствующие этому порядку положения рукоятки.

Датчик устанавливается в скобе 5 треноги 6 и закрепляется винтом. Его можно установить по уровню при помощи регулировочных винтов треноги. Датчик можно поворачивать на треноге вокруг вертикальной оси.

На солнце, луну или в зенит тубусы датчика направляются вращением двух головок червячных винтов; грубая наводка делается от руки при выведении червяка из зацепления с червячным колесом нажатием головки книзу.

На верхней части корпуса датчика укреплены прицел и целик 2 для наводки прибора на солнце или луну. Основными частями прицела являются линза и матированная пластинка. На пластинке нанесены концентрические окружности. Сначала наводка делается грубо, затем по целику. Когда датчик наведен правильно, изображение солнца или луны находится на пластинке в центре концентрических окружностей.

На нижней стенке корпуса укреплены штепсельные разъемы для подключения датчика к другим частям прибора с помощью кабелей. Там же расположен переключатель чувствительности ( $B_1$  на рис. 7.17).

Показания прибора зависят от температуры датчика (главным образом от температуры его светофильтров). Температура датчика измеряется термометром, который находится внутри

его корпуса. Термометр закрепляется с помощью колпачка с резьбой к верхней стенке корпуса. При измерении температуры термометр вытягивается до тех пор, пока не становится возможным произвести отсчет (пока не появится конец столбика жидкости).

Пульт управления  $\Pi$  смонтирован в прямоугольном корпусе (рис. 7.16). На крышке корпуса расположены микроамперметр, часы, четыре тумблера и рукоятки двух потенциометров установки нуля в начале измерения (потенциометры  $R_{26}$  и  $R_{27}$  на рис. 7.17). Первый тумблер ( $B_2$  на рис. 7.17) включает питание усилителя и фотоэлемента. Его положения обозначены подписями «Вкл.», «Выкл.». Вторым тумблер ( $B_3$ ) служит для поочередного подключения к цепям анодного или накального питания при их контроле (положения тумблера обозначены «Накал», «Анод»).

Тумблером  $B_4$  можно подключать микроамперметр к цепям питания и к измерительной цепи (цепь между анодами двойного триода и лампой  $L_1$ ). Положения тумблера соответственно обозначены подписями «Режим» и «Измерение».

Четвертый тумблер ( $B_5$ ) служит для переключения микроамперметра при переходе от дневных измерений (с помощью фотоэлемента) к ночным или зенитным наблюдениям (с помощью фотоумножителя). В боковой стенке имеются два отверстия, через которые с помощью отвертки можно регулировать положения движков потенциометров ( $R_{30}$  и  $R_{31}$ ), устанавливая нужное напряжение накального и анодного питания (их номинальные значения даются в паспорте прибора). На крышке пульта имеются две ручки для его переноса.

Блок для ночных измерений и контроля смонтирован также в корпусе прямоугольной формы. На его верхней стенке (крышке) расположены микроамперметры и тумблеры (рис. 7.16). Два из них ( $B_8$  и  $B_9$  рис. 7.17) служат для включения питания фотоумножителя ( $L_1$ ) и контрольных лампочек ( $L_4$  и  $L_5$ ). Тумблер ( $B_7$ ) служит для поочередного подключения микроамперметра к цепям питания фотоумножителя и контрольных лампочек при проверке и регулировке напряжения. Положения тумблера обозначены — «Лампа», «ФЭУ». Напряжение регулируется потенциометрами ( $R_{36}$  и  $R_{37}$ ), расположенными против отверстий в стенке корпуса, с помощью отвертки (так же как в пульте управления). Тумблер  $B_6$  служит для включения питания на одну из контрольных ламп — внутреннюю  $L_4$  или внешнюю  $L_5$ .

Озонометрические измерения производятся на открытом воздухе с площадки, где производятся актинометрические измерения, или с площадки на крыше здания. Место, откуда производятся измерения, не должно иметь закрытости горизонта более  $10^\circ$ , так как озонометрические измерения проводятся при высотах солнца и луны до  $10^\circ$ .

Измерения производятся ежечасно в целые часы по московскому времени. Каждый раз измерение производится трижды за пять минут до целого часа, точно в конец часа и в пять минут следующего часа. Из трех измерений берется среднее арифметическое значение.

Измерения по солнцу производятся в ясные дни, в облачные дни с разрывами в облаках и когда солнце просвечивает через перистые облака. Ночные измерения озона по излучению Луны производятся в ясные ночи, когда видно больше половины диска луны.

Измерения не проводятся при дальности видимости менее 4 км, при наличии осадков и при скоростях ветра более 15 м/сек.

При измерениях озонометр устанавливается на хорошо закрепленном столике. К датчику при измерениях по солнцу подключается пульт управления, а при измерениях по облачному зениту и луне — также блок для ночных измерений и контроля. В том и другом случае техника производства измерений существенно не отличается, поэтому в дальнейшем они описываются одновременно, а особенности измерений по зениту и луне даются в скобках. Датчик устанавливается на треноге по уровню. Тумблер на пульте с обозначениями «Дневн.»—«Ночн.» ставится в соответствующее положение. Тумблер с обозначением «Измерение», «Режим» ставится в положение «Режим» и проверяется напряжение в анодной и накальной цепи; затем тумблер переводится в положение «Измерение» (при этом включается ФЭУ и схема в режиме самой низкой чувствительности), устанавливается нуль в измерительной цепи. Озонометр наводится на солнце (луну или в зенит).

Переключатель фильтров ставится в положение «1-й светодифильтр, дневной» («1-й светодифильтр, ночной»). Открывается колпачок дневного (ночного) тубуса. Подбирается нужная чувствительность усилителя так, чтобы стрелка микроамперметра находилась не в начале шкалы. Переключатель фильтров ставится в положение «0» и еще раз проверяется отсутствие тока в измерительной цепи. Переключатель снова устанавливается в положение «1-й светодифильтр, дневной (ночной)» и записываются показания микроамперметра  $I_1$  с точностью до 0,5 мка, затем переключатель ставится в положение «2-й светодифильтр, дневной (ночной)», записывают показания микроамперметра  $I_2$  и наконец записываются показания прибора при установленном третьем светодифильтре (ночью измерения производятся только по двум светодифильтрам). Отсчитывается температура по термометру озонометра с точностью до 1°.

Тубус закрывается колпачком и снова контролируется нуль.

После трехкратных с пятиминутным интервалом измерений питание прибора выключается.

Обработка данных измерений производится с помощью специальных номограмм по значениям  $\frac{I_1}{I_2} K$ , где  $K$  — коэффициент, определяемый при градуировке озонометра и зависящий от температуры озонометра (его значения приводятся в паспорте озонометра), и по значениям высоты солнца (луны). Для обработки данных, полученных по облачному и ясному зениту, строятся графики для каждой станции по результатам параллельных измерений озона по зениту и по солнцу.

Для контроля исправности озонометра периодически производятся контрольные измерения. Для этой цели используются контрольные лампочки  $L_4$  и  $L_5$  (рис. 7.17). Внутренняя  $L_1$  закрыта колпачком, имеющим два отверстия; через меньшее лампочка может осветить фотоумножитель и через большее — фотоэлемент. Наружная лампочка смонтирована в тубусе, который вставляется в тубус 2 (предварительно из тубуса вывертывается диафрагма). Лампочка подключается к клеммам на задней стенке блока ночных измерений и контроля ( $ШР_3$  на рис. 7.18). С помощью внутренней лампочки производится контроль всего озонометра, за исключением светофильтров, а с помощью внешней лампочки — включая и светофильтры.

Контрольные измерения рекомендуется производить в помещении с устойчивым температурным режимом. Контрольные измерения следует начинать после двух-трехчасового пребывания аппаратуры в этом помещении.

## ГЛАВА 8

### ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕТРА

#### Элементы ветра и приборы для их измерения

Ветром называют горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности, под скоростью ветра понимают горизонтальную составляющую скорости воздушных потоков. На метеорологических станциях измеряется скорость и направление ветра, а также дается характеристика ветра.

Скорость ветра измеряется в метрах в секунду (*м/сек*), изредка в километрах в час (*км/час*).

Направлением ветра принято считать то направление, откуда ветер дует. Направление ветра измеряют в угловых градусах или румбах.

Скорость и направление ветра меняются непрерывно. Характер изменчивости скорости и направления ветра зависит от метеорологических условий и характера местности. Мгновенные значения скорости и направления являются неустойчивыми характеристиками ветра. Их значения непрерывно меняются около средних значений, устойчивых в течение достаточно большого отрезка времени, поэтому, несмотря на большой диапазон изменения значений скорости и направления ветра, осредненные их значения за некоторый достаточно большой интервал времени являются устойчивыми характеристиками.

Скорость ветра принято осреднять в десятиминутном интервале времени (иногда в двухминутном). Для направления ветра достаточен интервал осреднения, равный 2 мин (1—3 мин). Изменчивость скорости и направления ветра во времени (порывистость ветра) характеризуют качественно. Порывистость ветра характеризуется также максимальными значениями мгновенной скорости. Мгновенной скоростью принято считать скорость, осредненную самим прибором (интервал осреднения 2—5 сек).



Скорость и направление ветра в приземном слое на метеорологических станциях измеряют на высоте 10—12 м от поверхности земли.

В метеорологии пользуются преимущественно обозначением направления ветра в румбах, причем принято направление ветра отмечать по шестнадцати румбам. Для обозначения румбов используются начальные буквы названий стран света: север (Nord), юг (Sud), восток (Est) и запад (West). При обозначении промежуточных румбов называют оба румба, между которыми находится данное направление ветра, причем первым по порядку называют основной румб. Основных румбов два: север (Nord) и юг (Sud). Таким образом, если направление ветра приходится между югом (Sud) и западом (West), то такой ветер обозначается ЮЗ (SW) и называется юго-западным (Sud-West).

Если направление ветра приходится посредине между ЮЗ (SW) и Ю (S), то такой промежуточный ветер обозначают ЮЮЗ (SSW), т. е. называют в первую очередь основной румб Ю (S), далее румб производный ЮЗ (SW). В табл. 8.1 и на рис. 8.1 приводится расположение и наименование всех 16 румбов.

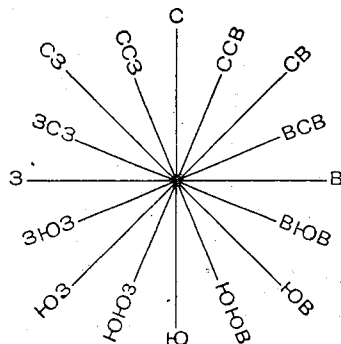


Рис. 8.1.

Таблица 8.1

Обозначения	Наименования	Значение в градусах
С N	северный	0,00
CCB NNE	северо-северо-восточный	22,5
CB NE	северо-восточный	45,0
BCB ENE	востоко-северо-восточный	67,5
В E	восточный	90,0
ВЮВ ESE	востоко-юго-восточный	112,5
ЮВ SE	юго-восточный	135,0
ЮЮВ SSE	юго-юго-восточный	157,5
Ю S	южный	180,0
ЮЮЗ SSW	юго-юго-западный	202,5
ЮЗ SW	юго-западный	225,0
ЗЮЗ WSW	западо-юго-западный	247,5
З W	западный	270,0
ЗСЗ WNW	западо-северо-западный	292,5
СЗ NW	северо-западный	315,0
ССЗ NNW	северо-северо-западный	337,5

Каждый из перечисленных румбов отстоит от соседних на  $\frac{360^\circ}{16} = 22,5^\circ$ .

В некоторых случаях указывают направление ветра в градусах, считая за  $0^\circ$  север и ведя счет через восток —  $90^\circ$ , юг —  $180^\circ$  и запад —  $270^\circ$ .

**Флюгарка.** Чаще всего для определения направления ветра пользуются флюгарками. В упрощенном виде флюгарка представляет собой жесткую несимметричную (относительно вертикальной оси) систему из пластины и противовеса, свободно вращающуюся вокруг вертикальной оси. Под воздействием ветра флюгарка устанавливается в плоскость ветра противовесом навстречу ветру.

Большое распространение имеет двухлопастная флюгарка *1* клиновидной формы (рис. 8.2*а*). Под влиянием ветра такая флюгарка располагается по направлению ветра, причем уравновешивающий груз *2* (противовес) будет направлен в ту сторону, откуда дует ветер.

Чтобы флюгарка меньше колебалась при изменении направления ветра, хвостовая плоскость сделана не из одной пластины, а из двух, расположенных под углом около  $20^\circ$  друг к другу (рис. 8.2*а*). Такое устройство делает флюгарку более чувствительной к перемене направления ветра и уменьшает ее колебания при изменении ветра. На рис. 8.2*б*—*г* помещены также некоторые другие встречающиеся конструкции флюгарок.

Приведенные формы не исчерпывают возможных конструкций флюгарок.

**Ветровой конус.** Для определения направления ветра может служить также ветровой матерчатый конус (рис. 8.3).

Матерчатый усеченный конус (без оснований) широкой своей частью натянут на металлический круг, который скреплен с металлической трубкой, свободно вращающейся вокруг вертикальной оси.

Под действием ветра конус располагается так, что широкая его часть всегда обращена навстречу ветру и конус надувается.

Такой конус, если он достаточно больших размеров, виден издали и поэтому часто используется на небольших аэродромах, для того чтобы летчики сами при посадке могли определить направление ветра у поверхности земли на аэродроме.

Такие конусы делают из полосатой ткани, что заметно выделяет их на любом фоне.

**Колесо Салейрона.** В некоторых случаях для определения направления ветра применяется колесо Салейрона (рис. 8.4).

Принцип действия этого прибора следующий. На концах горизонтальной оси *2* укреплены два ветровых колеса *1*, которые под воздействием ветра вращаются вместе с осью. На оси имеется червяк *3*, сцепляющийся с неподвижно укрепленным червячным

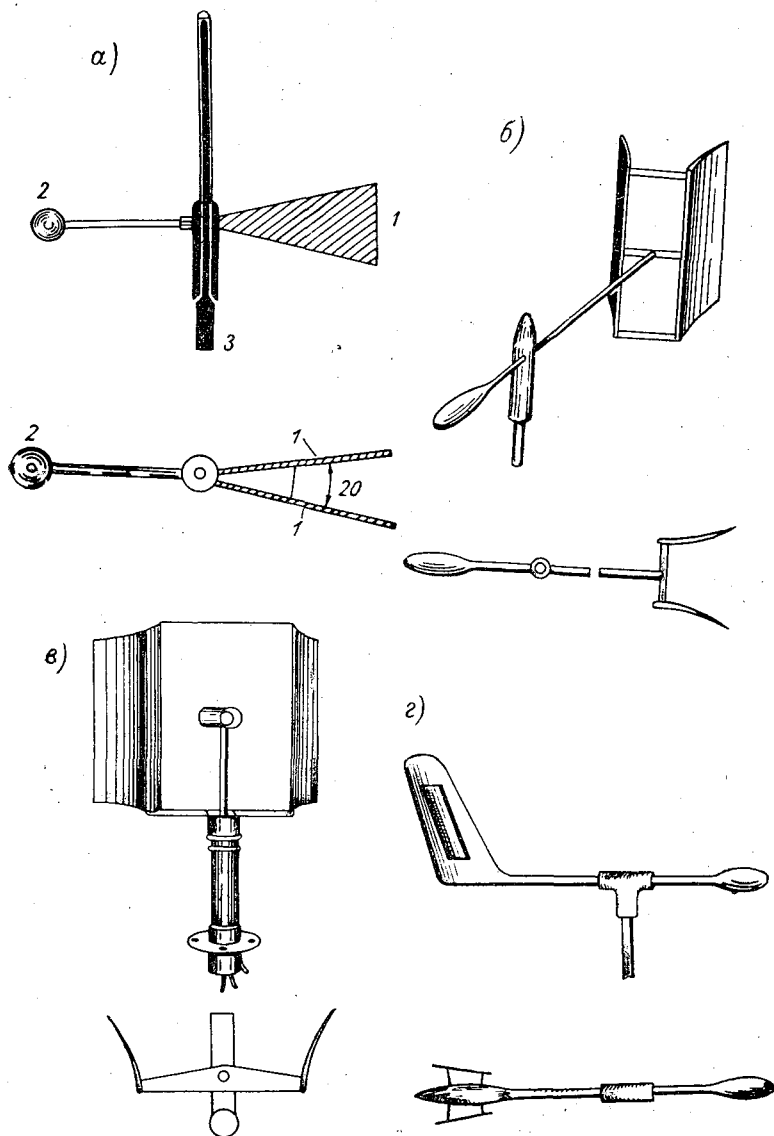


Рис. 8.2. Флюгарки.

колесом 4. Если ветер не совпадает с плоскостью ветровых колес (т. е. если направление ветра не перпендикулярно к оси 2), то ветровые колеса начинают вращаться и червяк, сцепляясь с неподвижным колесом 4, начнет поворачивать ось 2 с ветровыми колесами вокруг вертикальной оси 6 таким образом, что они выходят из-под воздействия ветра, устанавливаясь в плоскости, совпадающей с плоскостью направления ветра. В этот момент стрелка 5, скрепленная вместе с осью ветровых колес, указывает направление ветра.

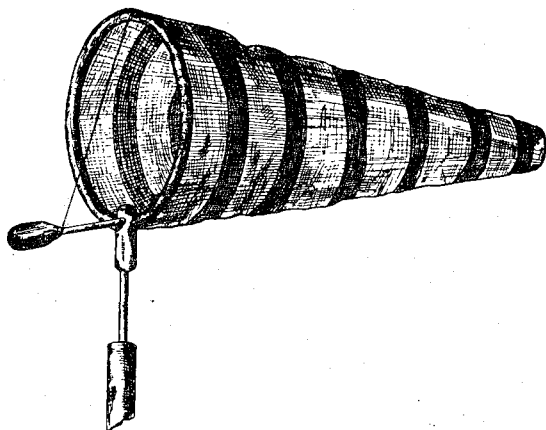


Рис. 8.3. Ветровой конус.

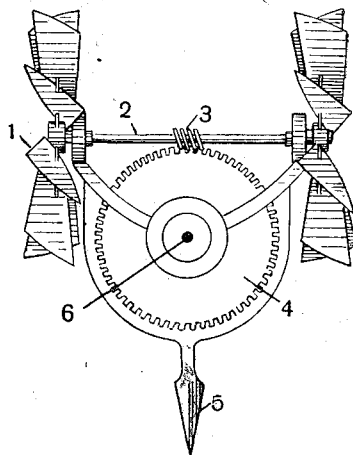


Рис. 8.4. Колесо Салейрона.

Указатель направления с колесом Салейрона слабо реагирует на кратковременные изменения направления ветра, в значительной мере сглаживая их, и в то же время отличается достаточно высокой чувствительностью к достаточно длительным переменам направления ветра даже и при малых скоростях ветра. Эти качества колеса Салейрона являются весьма ценными для приемника направления ветра в приборах, записывающих среднее направление ветра.

### Приборы для определения скорости и направления ветра

Приборы, служащие для измерения скорости ветра, называются **анемометрами**.

Приборы, измеряющие скорость и направление ветра, называются **анеомумбометрами**, некоторые из них — **ветромерами**.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Описываемый стационарный флюгер может быть отнесен к ветромерам.

Приборы, регистрирующие только скорость ветра, называются анемографами, а приборы, регистрирующие скорость и направление, — анеморумбографами или самописцами ветра.

Наибольшее распространение имеют приборы для измерения скорости ветра, у которых чувствительным элементом, воспринимающим скорость (или давление) ветра, является:

1) система из нескольких чашек той или иной формы, вращающихся под воздействием ветра вокруг вертикальной оси; по скорости вращения чашек определяют скорость ветра;

2) ветровое колесо (воздушный винт), которое должно быть установлено плоскостью вращения перпендикулярно направлению ветра (ось вращения ветрового колеса должна совпадать с направлением ветра, при этом скорость его вращения вокруг горизонтальной оси пропорциональна скорости ветра);

3) пластинка (или тело другой формы), воспринимающая давление воздушного потока; по измеряемому тем или иным способом давлению на это тело определяют скорость ветра, например, по отклонению пластинки от исходного положения.

Рассмотрим некоторые из этих приборов, применяющиеся в метеорологии.

### Станционный флюгер (флюгер Вильда)

Станционный флюгер (рис. 8.5) является одним из простейших по устройству и самым распространенных приборов для измерения скорости и направления ветра. Он дает также возможность получать представление о степени порывистости и максимальных значениях скорости ветра. Чувствительным элементом направления ветра в этом приборе является флюгарка, чувствительным элементом скорости — прямоугольная, вертикально расположенная пластинка, прикрепленная своим верхним краем к горизонтальной свободно вращающейся оси. Если такую пластинку установить перпендикулярно направлению ветра, то она под его воздействием поворачивается вокруг горизонтальной оси, отклоняясь от вертикального положения (рис. 8.6). При этом на пластинку действуют две силы: составляющие силы тяжести (веса пластинки)  $q$  и силы давления ветра  $p$  (рис. 8.7). При повороте пластинки на угол  $\alpha$  поток воздуха, действующий на нее, уменьшается, следовательно, уменьшается и сила  $p$ ; сила же, связанная с весом пластинки и стремящаяся удержать ее в вертикальном положении, возрастает по мере отклонения пластинки. Находясь под воздействием этих двух сил, пластинка может установиться только в положении, при котором эти силы уравновешиваются. Допустим, что точка приложения силы  $M$  совпадает с центром тяжести пластинки (рис. 8.7), и рассмотрим зависимость угла отклонения пластинки  $\alpha$  от сил  $p$  и  $q$ .

Сила веса пластинки  $q$  может быть разложена на составляющие по двум направлениям: вдоль пластинки и перпендикулярно к ней. Получим две силы: силу  $q_n$ , действующую перпендикулярно к пластинке, и силу  $q_e$ , действующую вдоль нее. Сила  $q_e$  направлена на деформацию оси качания пластинки и, следовательно, не участвует в отклонении пластинки. Сила  $q_n$  будет заставлять пластинку возвращаться в отвесное положение.

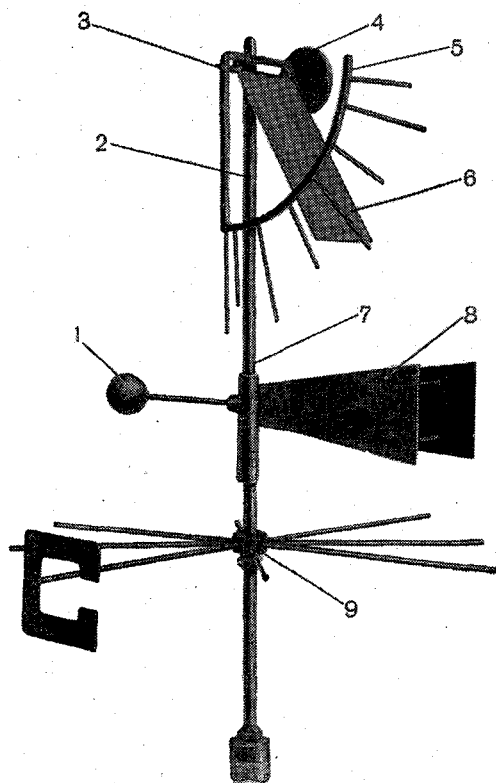


Рис. 8.5. Станционный флюгер.

Разложим силу  $p$  также по двум указанным направлениям. При этом получим силу  $p_n$ , действующую перпендикулярно к пластинке, и силу  $p_e$ , действующую вдоль нее. Сила  $p_e$  направлена на деформацию оси, следовательно, на отклонение пластинки не влияет. Сила  $p_n$  заставляет пластинку отклоняться от отвесного положения.

Итак, пластинка в данном случае находится под действием двух сил: силы  $p_n$ , отклоняющей пластинку вверх, и силы  $q_n$ ,

стремящейся возвратить ее в отвесное положение (сила трения не учитывается).

Определим величину этих сил.

Из треугольника  $MDA$  имеем

$$q_n = q \sin \alpha,$$

а из треугольника  $MBC$

$$p_n = p \cos \alpha. \quad (8.1)$$

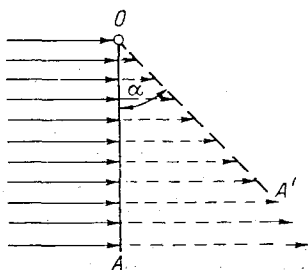


Рис. 8.6.

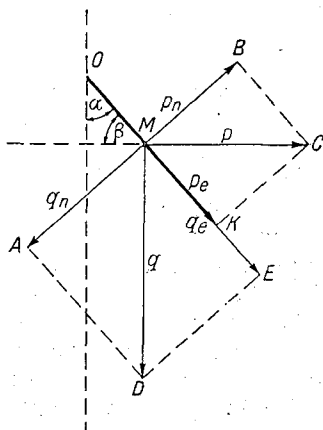


Рис. 8.7.

Из экспериментальной аэродинамики известно, что сила  $p_n$  может быть выражена формулой

$$p_n = c_p S v^2 \cos^2 \alpha, \quad (8.2)$$

где  $\rho$  — плотность воздуха (при  $15^\circ \text{C}$  равная  $0,125 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^4$ ),  $S$  — площадь пластинки ( $\text{м}^2$ ),  $v$  — скорость ветра ( $\text{м}/\text{сек}$ ),  $c$  — коэффициент, равный для прямоугольной пластинки 0,64. Поскольку

$$p_n = q_n,$$

подставляя их значения из (8.1) и (8.2), получаем

$$q \sin \alpha = c_p S v^2 \cos^2 \alpha,$$

откуда

$$v = \sqrt{\frac{q \operatorname{tg} \alpha}{c_p S \cos \alpha}}. \quad (8.3)$$

Полагая

$$\sqrt{\frac{q}{c_p S}} = A,$$

получим

$$v = A \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha}}. \quad (8.3a)$$

Формула (8.3а) не является строгой (точной), но она показывает, что скорость ветра однозначно может определяться по углу отклонения доски.

Флюгер Вильда устроен следующим образом. На железный стержень (см. рис. 8.5) с закаленным концом надевается трубка 7 с флюгаркой 8. Внизу под флюгаркой на том же стержне закреплена муфта 9 с восьмью штифтами направлений стран света. Один из штифтов снабжен буквой С (или N). По положению противовеса 1, уравнивающего хвост флюгарки, определяют, пользуясь штифтом, направление, откуда дует ветер.

Скорость ветра определяется по отклонению доски (пластинки) 6. Железная доска 6 весом 200 г (у флюгера с легкой доской) или 800 г (у флюгера с тяжелой доской) и размером 15×30 см может свободно колебаться около горизонтальной оси 3. При сборке флюгера плоскость отвесно висящей доски устанавливают перпендикулярно к стержню с противовесом. Поэтому при работе флюгера благодаря действию флюгарки ось вращения доски будет всегда устанавливаться перпендикулярно к направлению ветра. Под действием ветра в зависимости от его скорости доска отклоняется на тот или иной угол от своего отвесного положения. Положение отклоненной доски отсчитывается по дуге 5 с восьмью штифтами. Штифтам, начиная от вертикального, соответствующего вертикальному положению доски, присвоены номера от 0 до 7. Нулевой и четный штифты длиннее нечетных. Дуга 5 со штифтами уравнивается грузом 4.

Под влиянием ветра противовес 1 устанавливается навстречу ему, а доска 6 перпендикулярно ветру. Под действием ветра доска 2 отклоняется под тем или иным углом согласно формуле (8.3).

Для определения скорости ветра в метрах в секунду по положению доски относительно штифтов имеется таблица (табл. 8.2). Из этой таблицы видно, что флюгер с легкой доской весом 200 г обеспечивает измерение скорости ветра только до 20 м/сек. Для измерения скоростей до 40 м/сек нужно пользоваться флюгером с тяжелой доской весом 800 г.

Из формулы (8.3) видно, что при постоянном угле отклонения доски  $\alpha$  скорость ветра  $v$  прямо пропорциональна корню квадратному из величины силы веса доски  $q$ . Вес тяжелой доски в четыре раза больше веса легкой доски, поэтому ветер, отклоняющий тяжелую доску на тот же угол  $\alpha$ , имеет в 2 раза большую скорость, чем ветер, отклоняющий на такой же угол  $\alpha$  легкую доску. В соответствии с этим в табл. 8.2 даны значения скоростей ветра при 15 различных положениях легкой и тяжелой досок относительно штифтов.

Установка флюгера. Для правильного определения направления и скорости ветра место установки флюгера должно



быть таким, чтобы ветер имел к нему свободный доступ и доходил до него без искажений. На метеорологических станциях флюгеры обычно устанавливают на открытом месте, на деревянной или металлической мачте на высоте 10—12 м над почвой.

Таблица 8.2

Скорости ветра (м/сек), определяемые по положению легкой (200 г) и тяжелой (800 г) досок флюгера

Положение доски относительно штифтов	Скорость ветра при досках	
	легкой	тяжелой
Штифт 0	0	0
Между 0 и 1	1	2
Штифт 1	2	4
Между штифтами 1 и 2	3	6
Штифт 2	4	8
Между штифтами 2 и 3	5	10
Штифт 3	6	12
Между штифтами 3 и 4	7	14
Штифт 4	8	14
Между штифтами 4 и 5	9	18
Штифт 5	10	20
Между штифтами 5 и 6	12	24
Штифт 6	14	28
Между штифтами 6 и 7	17	34
Штифт 7	20	40

Если соседние здания закрывают флюгер от ветра, то можно поставить его на крыше здания, но при этом необходимо, чтобы флюгер возвышался над крышей здания не меньше, чем на 4 м.

При установке флюгера вблизи каких-либо высоких предметов (деревья, здания и тому подобное) следует иметь в виду, что искажения, вносимые этими предметами в воздушный поток, могут сказываться на большом расстоянии. Поэтому мачту флюгера относят от высоких предметов на расстояние не меньше 20-кратного превышения этих предметов относительно мачты флюгера.

**Ориентировка флюгера.** Установленный флюгер следует правильно ориентировать по странам света, для чего штифт с буквой С (или N) необходимо установить точно на астрономический север.

Ориентировку флюгера производят по полуденной линии или с помощью компаса.

**Ориентировка флюгера по полуденной линии.** Полуденная линия устанавливается по тени оси флюгера в истинный полдень и отмечается несколькими колышками. Затем ориентировку флюгера проводят вдвоем. Один становится на

меридиане, т. е. имеет перед собой на одной линии колышки, фиксирующие полуденную линию, и ось флюгера, а второй поднимается к флюгеру. Открутив на несколько оборотов штифт с буквой С (N) (рис. 8.5), он освобождает муфту 9 так, чтобы она могла свободно вращаться на оси флюгера и по указанию наблюдателя, находящегося внизу, поворачивает муфту 9 со штифтами до тех пор, пока штифт с буквой С, направленный на север, не совпадает с плоскостью меридиана. В этом положении, не сдвигая муфты 9, заворачивают штифт с буквой С и тем самым закрепляют муфту 9.

При правильном положении штифта с буквой С, когда штифт направлен на север, наблюдатель, стоящий внизу на полуденной линии, должен видеть, что ось буквы С совпадает с осью флюгера.

Ориентировка флюгера по компасу. Для ориентировки флюгера по компасу необходимо знать величину магнитного склонения в районе данной метеорологической станции и учитывать ее при ориентировке. При ориентировке флюгера наблюдатель, взяв компас, становится с южной стороны столба флюгера на расстоянии, равном примерно двойной высоте столба. Далее, перемещаясь по окружности, центром которой является столб флюгера, он находит положение, при котором линия, проходящая через ось вращения стрелки компаса, и столб флюгера будут составлять с магнитной стрелкой угол, равный углу склонения  $\delta$ . Это направление и явится направлением истинного меридиана данного места, которое следует отметить колышками. Дальнейшую ориентировку флюгера производят совершенно так же, как при ориентировке по полуденной линии.

Периодически ориентировку флюгера следует проверять по полуденной линии или по компасу.

Измерение направления и скорости ветра по флюгеру. При определении направления ветра по флюгеру наблюдатель должен стать около столба под указателем направления ветра и в продолжении 2 мин наблюдать за положением указателя 1 у флюгарки. Флюгарка обычно совершает некоторые колебания. Наблюдателю следует в книжке отметить среднее положение, которое занимал указатель за время наблюдений.

Для определения скорости ветра наблюдатель должен несколько отойти от столба флюгера и стать в направлении, перпендикулярном к положению флюгарки, чтобы лучше отсчитать по штифтам положение доски.

Если бы скорость потока воздуха менялась плавно, то флюгер указывал бы скорость ветра в данный момент. Однако в действительности скорость воздушного потока меняется порывами, что вызывает отклонения доски, не соответствующие действительному давлению ветра в момент производства наблюдений. При

измерениях надо в течение 2 мин наблюдать за качаниями доски и отметить ее среднее положение за этот промежуток времени.

Записи измерения направления и скорости ветра можно произвести, например, в следующем виде «Флюгер ЮЮВ 4—5 л (9)». Эта запись обозначает, что наблюдалось юго-юго-восточное направление ветра, доска колебалась между штифтами 4 и 5 и скорость ветра, переведенная по таблице для легкой доски, равна 9 м/сек.

Кроме записи направления и скорости ветра, измеренных по флюгеру, следует отмечать и характер ветра (например, ровный ветер, порывистый ветер, меняющий свое направление и т. п.).

Ровным называется ветер, если его скорость в течение времени наблюдений остается более или менее постоянной, доска колеблется около одного штифта или ее колебания ограничены соседними штифтами.

Ветер называется порывистым, если его скорость резко меняется — быстро возрастает и также быстро падает.

Постоянным направление ветра считается в том случае, когда за время наблюдений флюгарка удерживается в пределах одного румба.

Меняющимся направление ветра считается в том случае, если за время наблюдений направление менялось больше чем на один румб.

Наблюдения по флюгеру с легкой доской производятся до скорости ветра 9 м/сек. Наблюдения по флюгеру с тяжелой доской следует начинать со средней скорости 10 м/сек.

Уход за флюгером. Несмотря на простоту конструкции, флюгер требует повседневного надзора и ухода, в противном случае результаты измерений становятся сомнительными. Нужно проверять ориентировку флюгера, исправность его флюгарки. При отклонении оси флюгера от вертикального положения трубка задевает нижнюю часть оси, возникает дополнительное трение, и флюгарка неверно показывает направление ветра (особенно при малых скоростях ветра).

Следует следить за исправностью доски, колебания ее на оси должны совершаться без излишнего трения. В случае повреждения доски следует исправить (вес доски должен при этом сохраниться).

Зимой, если флюгер обмерзает, необходимо подняться к нему и очистить от льда.

Освещение флюгера. В темную часть суток флюгер необходимо освещать. Его можно освещать тремя электрическими лампочками, установленными на верхней части мачты на расстоянии 60—70 см от муфты флюгера и 20—25 см от вертикальной его оси. Электрические патроны надо крепить на небольших кронштейнах.

Можно также для освещения флюгера установить на невысоком столбе (высотой 1—1,5 м от земли) автомобильную фару.

### Анемометры, анеморумбометры и анеморумбографы

**Анемометры.** Большое распространение имеют анемометры с чувствительным элементом в виде вертушек, скорость вращения которых зависит от скорости ветра.

Анемометры с вертушками служат для измерения средней скорости ветра за некоторый промежуток времени. Вертушки, применяемые для измерения скорости ветра, представляют собой

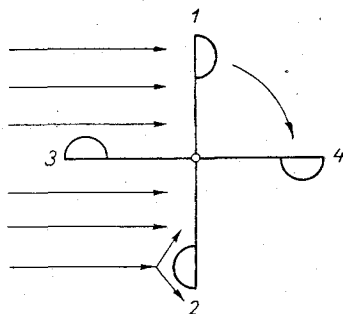


Рис. 8.8. Вертушка с чашками.

систему укрепленных на общей вертикальной оси горизонтально расположенных стержней, на которых укреплены полые полушария или полуэллипсоиды (сечение по малой оси). Полушария (или полуэллипсоиды) прикреплены к стержням выпуклостями в одну сторону. Употребляются вертушки главным образом с тремя, реже с четырьмя чашками.

Давление, оказываемое ветром на вогнутую поверхность, больше, чем на хорошо обтекаемую выпуклую поверхность. Сила давления

ветра на чашку 1 (рис. 8.8) (направление ветра показано стрелками) стремится повернуть всю вертушку вокруг оси по часовой стрелке; оно больше силы давления на выпуклую поверхность чашки 2, которая стремится повернуть вертушку против часовой стрелки. В результате этого вертушка будет поворачиваться в направлении по часовой стрелке.

На чашки 3 и 4 в положении, изображенном на рис. 8.8, ветер оказывает одинаковое действие и не создает условий для поворота вертушки. Но, как только вся система повернется на некоторый угол по часовой стрелке, чашка 3 окажется расположенной к ветру вогнутой стороной, а чашка 4 — выпуклой. После этого действие ветра на чашки 3 и 4 вызовет вращение вертушки по часовой стрелке. Сначала чашки движутся с ускорением. С увеличением скорости вращения чашек давление ветра на выпуклые стороны их возрастает, а на вогнутые убывает.

При некоторой скорости вращения чашек наступает равновесие сил давления и скорость вращения становится постоянной. Установлено, что при этой скорости вращения линейная скорость движения чашек  $\omega$  примерно в три раза меньше скорости ветра  $v$ ,

$$\text{т. е. } \frac{v}{\omega} = 3.$$

Скорость вращения чашек пропорциональна скорости ветра, однако более детальные исследования показали, что коэффициент пропорциональности зависит от скорости ветра. Кроме того, скорость вращения чашек зависит от силы трения (осей в подшипниках, шестерен и т. п.), которая не является постоянной величиной.

В качестве чувствительного элемента в приборах для измерения скорости ветра часто применяются воздушные винты (ветровые колеса). Применяются винты с двумя и большим числом

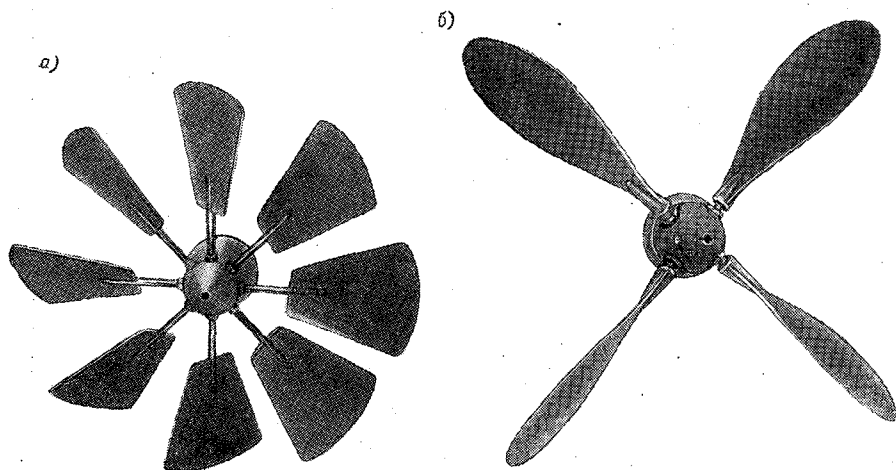


Рис. 8.9. Воздушные винты.  
а — восьмилопастной, б — четырехлопастной винт.

лопастей различной формы и размеров (металлические сборные и литые пластмассовые (рис. 8.9). Воздушный винт при измерении скорости ветра устанавливают так, чтобы ось его вращения совпадала со скоростью ветра (т. е. так, чтобы плоскость вращения винта была перпендикулярна направлению ветра). Чтобы обеспечить нужную ориентацию винта, его применяют в сочетании с флюгаркой. Скорость вращения воздушного винта пропорциональна скорости воздушного потока, под воздействием которого он находится.

Воздушные винты имеют преимущества по сравнению с чашечными вертушками при измерении больших скоростей ветра, особенно в районах с частыми случаями гололедицеобразования. Измерение малых скоростей ветра переменного направления лучше производить с помощью анемометров с чашечной вертушкой.

**Анемометр ручной чашечный со счетным механизмом.** В этом приборе (рис. 8.10) чувствительным элементом является

Ф  
СД  
Ручн  
СТО  
К-10

небольшая вертушка с четырьмя полусферическими чашками 1. Она укреплена на оси 3, оба конца которой опираются в агатовые подшипники.

Верхний подшипник оси 3 находится в винте, ввинченном в гнездо вверху защитных дужек 2; нижний подшипник находится внутри корпуса 4.

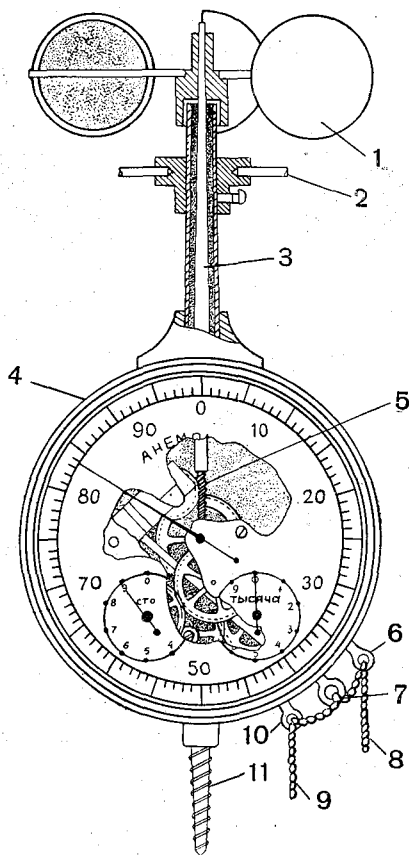


Рис. 8.10. Анемометр ручной со счетным механизмом.

На нижнем конце оси имеется червяк 5, связывающий ось 3 со счетчиком числа оборотов. Счетчик состоит из зубчатых колес, связанных с тремя стрелками, которые при вращении вертушки перемещаются по трем шкалам. Перемещение центральной стрелки на одно из 100 делений большой шкалы соответствует трем оборотам вертушки, каждое деление маленьких шкал соответствуют одна десяти и вторая ста оборотам большой стрелки. Сбоку у кожуха анемометра выступает подвижной рычаг арретира с колечком 7, при помощи которого можно включить или выключить счетчик. Для удобства переключения арретира (когда до анемометра трудно достать непосредственно рукой) вверху и внизу рычага 7 укреплены два неподвижных кольца 10 и 6, через которые пропускают концы шнура рычага 7. Если потянуть шнур за конец, пропущенный через нижнее кольцо 10, счетчик анемометра включается, а если потянуть за верхний конец, пропущенный через кольцо 6, он выключается.

Чашки анемометра защищены от механических повреждений проволоочной крестовиной. В нижней части прибора имеется винт 11 с нарезкой для ввинчивания его в дерево. Прибор хранится в футляре.

При измерении скорости ветра анемометр ввинчивают в деревянный шест длиной около 2 м. (В крайнем случае

наблюдения можно производить, держа прибор вертикально в вытянутой руке.) Необходимо следить за тем, чтобы анемометр стоял вертикально, так как при наклонном положении анемометра результаты измерений получаются заниженными.

При измерениях следует устанавливать анемометр так, чтобы шкала была обращена к наблюдателю, а плоскость циферблата расположена параллельно направлению ветра, так как в таком положении производится градуировка и поверка анемометра.

Перед началом измерений записывают показания всех стрелок. Устанавливают вертикально шест с анемометром, выставляя его под действие ветра, и дают анемометру свободно вращаться в течение 1—2 мин. Затем включают счетчик и одновременно пускают в ход секундомер или замечают показание секундной стрелки часов. Для определения скорости ветра обыкновенно дают вращаться анемометру 10 мин, после чего выключают счетчик и секундомер и снова записывают показания счетчика. Разность показаний счетчика до и после наблюдений дает число делений, на которое переместилась стрелка счетчика за 10 мин. Разделив полученное число на 600 сек (или на другое число секунд, в течение которых производилось измерение), определяют, на сколько делений счетчика анемометра перемещалась в среднем стрелка в одну секунду. Значение величины скорости ветра по числу оборотов в секунду находят с помощью поверочного свидетельства анемометра, в котором дается перевод показаний счетчика данного анемометра в скорость ветра в метрах в секунду.

При тщательном обращении с прибором и строгом выполнении методики ручной анемометр обеспечивает надежные результаты измерений скорости ветра.

Трение в подшипниках осей вертушки и шестерен счетчика анемометра со временем меняется (а это влияет на скорость вращения чашек), поэтому рекомендуется через каждые 100 час работы с анемометром подвергать его повторной поверке.

**Анемометр ручной индукционный (АРИ-49).** Этот анемометр предназначен для измерения скорости ветра в пределах от 2 до 30 м/сек и позволяет производить измерения непосредственно в единицах скорости. Он представляет собой сочетание трехчашечного анемометра с магнитным тахометром (чувствительным элементом является трехчашечная вертушка, преобразователем — магнитный тахометр).

Схематически тахометр (преобразователь анемометра) изображен на рис. 8.11а. На ось 1 насажены постоянный магнит 4, имеющий несколько (явно или неявно выраженных) полюсов, и стакан 2, служащий магнитопроводом; на этой же оси 1 насажена вертушка (на рисунке отсутствующая). На другой оси 5 (соосной с осью 1) посажены стаканчик 3, спиральная моментная пружина 6 и стрелка 7. Конец пружины закреплен.

Стаканчик 3 изготовлен из немагнитного материала. При вращении оси 1 (и вместе с ней магнита 4 и магнитопровода 2) на стенках стаканчика 3, находящегося в зазоре между магнитом 4 и магнитопроводом 2, индуцируется ток.

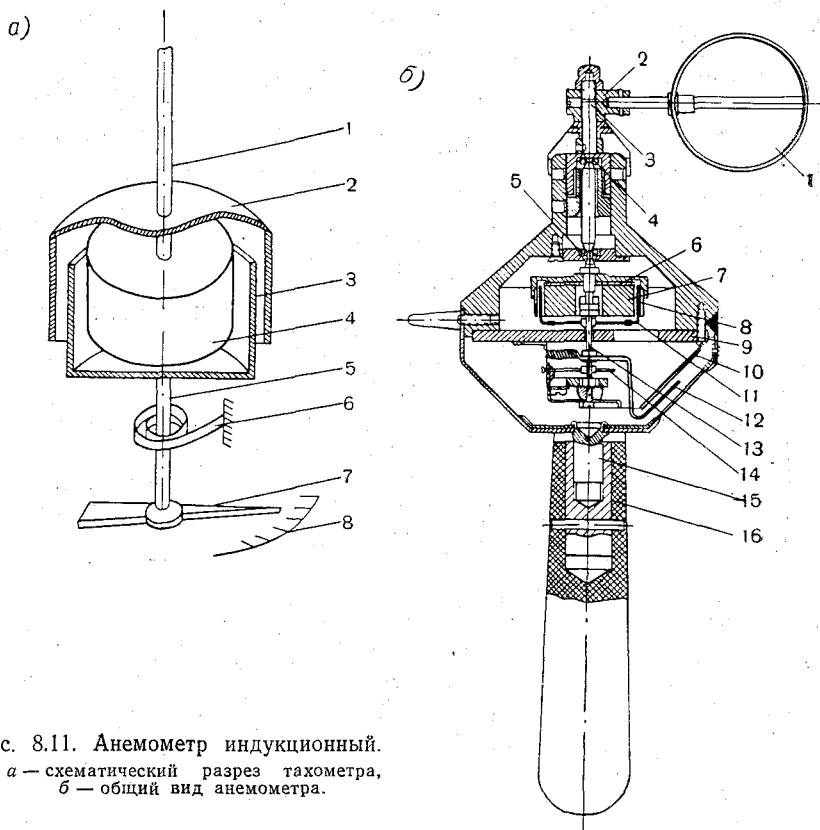


Рис. 8.11. Анемометр индукционный.

а — схематический разрез тахометра,  
б — общий вид анемометра.

Взаимодействия электромагнитного поля (индуцируемого тока) и магнитного поля постоянного магнита создает приложенный к стаканчику момент  $M_1$

$$M_1 = \alpha n,$$

где  $n$  — скорость вращения магнита (об/сек),  $\alpha$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от конструктивных особенностей тахометра (линейных размеров магнита, магнитопровода, стаканчика, зазора, формы, размеров и числа полюсов магнита, степени его намагниченности и т. д.); для данного тахометра  $\alpha$  является постоянной величиной.



Под воздействием момента  $M_1$  стаканчик 3 начнет поворачиваться вместе с осью 5, закручивая пружину 6, при этом пружина создает противодействующий закручиванию момент  $M_2$

$$M_2 = k\varphi,$$

где  $\varphi$  — угол поворота стаканчика 3 и его оси 5 (угол закручивания пружины),  $k$  — коэффициент, зависящий от конструкции пружины (линейных размеров, числа и диаметра витков) и материала, из которого она изготовлена. Стаканчик 3 поворачивается до положения, при котором установится равенство моментов ( $M_1 = M_2$ ).

Из последнего равенства можно, подставив значения  $M_1$  и  $M_2$ , получить выражение для скорости вращения магнита, при которой это равенство наступило,

$$n = \frac{k\varphi}{\alpha}.$$

Угол  $\varphi$  определяется по положению стрелки 7 относительно шкалы 8.

Учитывая, что в анемометре скорость вращения оси 1 (на которую насаживается вертушка) пропорциональна скорости ветра, т. е.

$$v = cn,$$

где  $c$  — коэффициент пропорциональности.

Скорость ветра может быть выражена в виде

$$v = \frac{ck}{\alpha} \varphi.$$

Так как  $c$ ,  $k$  и  $\alpha$  — величины постоянные для данного прибора, то шкала прибора равномерная и может иметь деления в единицах скорости ветра (в *м/сек*).

Коэффициенты  $k$  и  $\alpha$  зависят от температуры (с ростом температуры  $k$  убывает, а  $\alpha$  растет). Для исключения влияния температуры на показания прибора в тахометре имеется термокомпенсатор.

Анемометр (рис. 8.11 б) собран в составном корпусе, в верхней части которого на двух подшипниках 4 и 5 установлена ось 3. На верхнем конце оси 3 с помощью втулки 2 укреплен трехчашечная вертушка 1, а на нижнем конце — магнитная система, состоящая из постоянного магнита, магнитопровода 8 и термокомпенсатора 6. В нижней части корпуса анемометра на плате 9 собрана вторая часть магнитного тахометра. На оси 13 насажены металлический стаканчик (из немагнитного металла), спиральная моментная пружина 14 и стрелка 12. Конец спиральной пружины закреплен в колодке. В нижней части корпуса имеется остеклованное окно, через которое видны шкала скорости ветра 10 с делениями в *м/сек* и конец стрелки 12.

Для измерений анемометр может устанавливаться с помощью переходной втулки, навинчиваемой на хвостовик 15 на невысокой мачте (шесте). Измерения можно производить также держа анемометр в вертикальном положении в руке за рукоятку 16, которая навинчивается на хвостовик 15.

На боковой поверхности корпуса имеются два штыря, на которые анемометр устойчиво опирается, когда его кладут (например, на стол).

Для переноски анемометра имеется специальный футляр. Измерение скорости ветра с помощью анемометра АРИ-49 производится в соответствии с общими правилами работы с ручными анемометрами. Анемометр устанавливается на мачте высотой 170—200 см или его держат в руке, подняв над головой так, чтобы он свободно обдувался ветром. Наблюдатель должен держать анемометр повернутым шкалой к себе. Отсчет следует делать не ранее чем после 10-секундной выдержки в потоке, когда скорость вертушки установится в соответствии со скоростью ветра. Анемометр благодаря инерционности его подвижной системы несколько осредняет результаты измерений (интервал осреднения 5—6 сек). При измерении скорости ветра малой порывистости достаточно произвести один отсчет. При порывистом ветре необходимо сделать несколько отсчетов (4—6) с интервалом около 10 сек и сосчитать среднее их значение. Если в поверочном свидетельстве имеются поправки к показаниям анемометра, их следует внести.

Анемометр следует подвергать проверке не реже одного раза в год.

**Анемометры чашечные, контактные.** Часто возникает необходимость в определении скорости ветра одновременно в нескольких точках на разной высоте от нескольких десятков сантиметров до нескольких десятков и даже сотен метров над поверхностью земли. С помощью ручного анемометра такие измерения выполнить крайне трудно. Для этой цели применяют контактные анемометры, позволяющие производить измерение и регистрацию скорости ветра дистанционно.

Имеется много конструкций контактных анемометров. Однако принцип их действия один и тот же. Он заключается в том, что через определенное число оборотов вертушки происходит одно срабатывание контактного устройства анемометра, замыкающего электрическую цепь счетчика импульсов. С помощью анемометра и подключенного к нему специального электромагнитного счетчика или регистратора можно определить число замыканий за некоторый отрезок времени, а следовательно, скорость ветра.

**Контактный анемометр М-25** (рис. 8.12) предназначен для экспедиционных работ. Его вертушка имеет три чашки. Ось вертушки установлена в двух шариковых подшипниках. В нижней

части оси имеется червяк 1, сцепляющийся с червячным колесом 3.

На оси червячного колеса 3 насажен пластмассовый кулачок 2. В кулачок 2 упираются щупы контактных пластин 4 и 5 нормально разомкнутого контакта. При каждом обороте кулачка при подходе края его уступа к щупу пластины 5 щуп соскакивает, пластина 5 прижимается своим контактом к контакту пластины 4. Контакты замкнуты до тех пор, пока кулачок не повернется настолько, что край его уступа не подойдет к щупу пластины 4. Тогда и этот щуп соскакивает с выступа и занимает такое же положение, как щуп пластины 5, при этом контактные пластины 4 и 5 разомкнуты.

Сцепление кулачка 3 с червячным колесом осуществляется с помощью пружины 6, укрепленной на колесе, и храпового колеса, жестко связанного с кулачком. Кулачок вместе с храповым колесом свободно сидит на общей оси с червячным колесом. При вращении чашек под воздействием ветра червячное колесо 2 вращается против часовой стрелки (рассматривается в плоскости рис. 8.12) и пружина зацепляет храповой зуб кулачка, вследствие чего он также начинает вращаться.

Если чашки анемометра случайно начать вращать в направлении, противоположном вращению их в воздушном потоке, колесо 2 начнет вращаться по часовой стрелке, пружина будет проскальзывать по зубцам храповой шестерни и кулачок 3 вращаться не будет, этим предотвращается возможность поломки прибора (его контактных пластин).

На корпусе анемометра имеются две изолированные от него клеммы 7, которые соединяются с пластинами 4 и 5. К этим клеммам подключаются провода, соединяющие анемометр

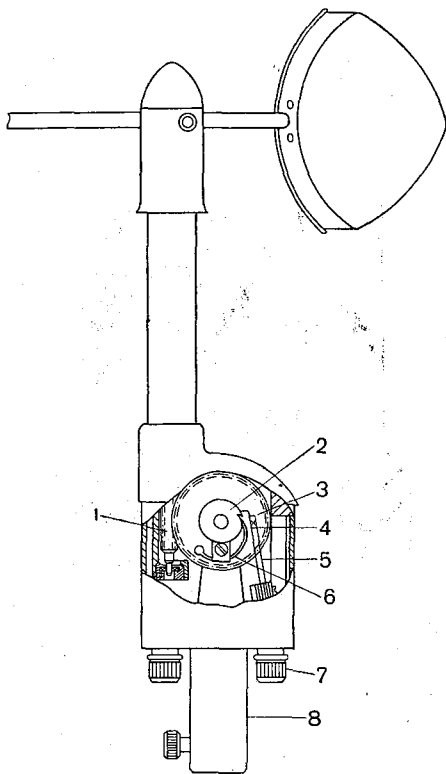


Рис. 8.12. Анемометр контактный М-25.

со счетчиком или регистратором и источником питания. Анемометр может устанавливаться на мачтах любой высоты, где он укрепляется с помощью муфты с винтом 8.

Наиболее распространенный регистратор, который применяется совместно с контактными анемометрами (счетчики применяются редко), показан на рис. 8.13. Он предназначен для одновременной регистрации скоростей ветра, измеряемых с помощью шести анемометров. Регистратор состоит из часового механизма с барабаном 1 и шести электромагнитов 2, смонтированных на металлическом основании. К якорям магнитов прикреплены стрелки 3 с перьями. Барабан 1 вращается часовым

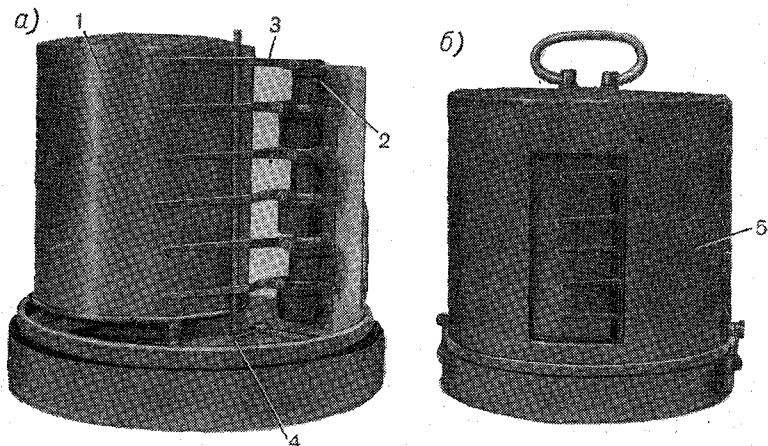


Рис. 8.13. Регистратор к контактным анемометрам.

механизмом со скоростью один оборот в час. Регистрация импульсов осуществляется на бумажной ленте, наложенной на барабан. Каждый из электромагнитов 2 подключается к цепи питания последовательно с анемометром. На корпусе имеются клеммы (на рисунке не видны) для подключения проводов, идущих от анемометров, и подключения питания. Прибор закрывается кожухом 5. При работе прибора все перья стрелок 3 касаются ленты, оставляя запись в виде горизонтальных прямых линий. При каждом замыкании контакта одного из анемометров в соответствующий электромагнит 2 поступает ток и его якорь (к которому прикреплена стрелка 3) притягивается к полюсам. При этом конец стрелки 3 и перо перемещаются на несколько миллиметров вниз, в результате чего на ленту наносится короткий вертикальный штрих. При размыкании контакта якорь отпускается и возвращает стрелку в начальное положение.

Таким образом, запись на ленте для каждого анемометра получается в виде прямой горизонтальной линии с перпендикулярными к ней короткими штрихами.<sup>1</sup>

При работе прибора ленты должны меняться каждый час. При смене ленты перья отводятся с помощью арретира 4.

Обработка записей на ленте производится следующим образом. Вся лента разбивается на равные участки по продолжительности записи — по 10 мин каждый. На границах участков поперек ленты (перпендикулярно линиям записи) проводят карандашом прямые линии и подписывают время, соответствующее каждому участку. Время для каждого участка определяется по отмеченному на ленте времени начала и конца записи. На каждой линии записывают номер соответствующего анемометра. Для каждого участка определяют и записывают на ленте число отрезков между контактными рисками с точностью до десятых долей. Десятые доли особенно важно определять при малых скоростях ветра, когда интервалы между контактными рисками велики.

По количеству контактов (интервалов между ними) для каждого элемента по его поверочному графику определяют скорость ветра для данного интервала времени и выписывают ее на ленте рядом с числом контактов.

Анемометр М-25 обладает высокой начальной чувствительностью. Хорошо изготовленные экземпляры его имеют начальную чувствительность до 0,3 м/сек. Прибор рассчитан для измерения скоростей до 15 м/сек. В тех случаях, когда необходимо определить скорость ветра с высокой точностью, периодически (через каждые 10—15 дней) следует производить контрольные проверки исправности анемометров и сохранения ими тарировки, сравнения их показания с контрольным анемометром. Для этого все анемометры (в том числе и контрольный) устанавливаются на одной высоте на горизонтальной штанге. Штанга устанавливается перпендикулярно направлению ветра. Затем все анемометры включаются на регистратор. Данные синхронных измерений скорости, полученные по всем анемометрам, сопоставленные с данными, полученными контрольным анемометром, и между собой, позволяют судить об исправности каждого контролируемого анемометра.

Для измерения скоростей ветра, систематически превышающих 15 м/сек, в условиях, когда анемометр должен длительное время работать без надзора, анемометр М-25 применять не следует.

---

<sup>1</sup> При малых скоростях ветра замыкание контакта анемометра может быть относительно продолжительным (до 10 сек); в таких случаях отметки контактов получаются не в виде штрихов, а в виде опрокинутой буквы П.

Для работы в таких условиях, в частности, для установки практически на любой высоте на телевизионных, радиорелейных мачтах и радиомачтах разработан анемометр М-92.

**Анемометр М-92** (рис. 8.14). Чувствительным элементом этого анемометра является трехчашечная вертушка 5, которая крепится на оси 4 (рис. 8.15), установленной на двух шариковых подшипниках. На нижнем конце оси 4 имеется трибка, сцепляющаяся с шестерней редуктора 2. Редуктор собран с помощью двух плат 12 и 13. На нижней плате 12 укреплена контактная группа 9. На выходной оси редуктора укреплены два кулачка 11,

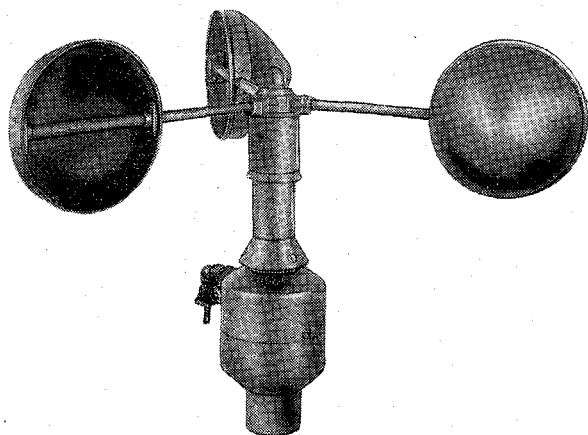


Рис. 8.14. Анемометр контактный М-92. Внешний вид.

на которые опираются щупы 10 контактной пары 9, установленной на плате 12. Ось 4 и редуктор находятся в верхней части корпуса анемометра 3. Нижняя часть корпуса представляет собой стакан 1, внизу которого запрессована втулка для крепления анемометра на штыре, установленном на кронштейне мачты. Для подключения к датчику соединительного кабеля служит штепсельный разъем 8.

Под воздействием ветра вертушка 5 через редуктор 2 вращает кулачки 11. Кулачки установлены так, что выступы их смещены относительно друг друга (на 3 мм). Поэтому при вращении кулачков щупы находятся в различном положении относительно их выступов. Сначала срывается с выступа щуп верхней контактной пружины и замыкает контакт, а затем срывается щуп нижней пружины и размыкает контакт. Замыкание контакта получается четким, что увеличивает срок службы контактов. Продолжительность замыкания контактов соответствует четырем оборотам вертушки. При замыкании контакта импульс

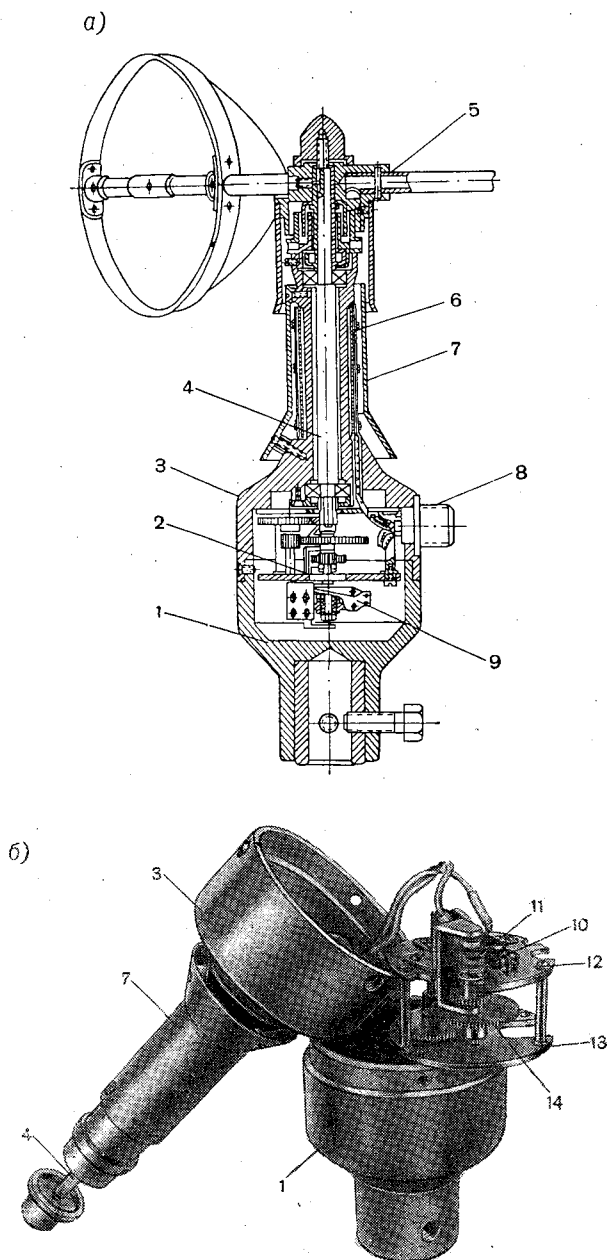


Рис. 8.15. Анемометр контактный М-92.  
 а — общий вид, б — в разобранном виде.

тоска передается на записывающий или отсчетный прибор (так же как у М-25). Таким образом, определение числа оборотов вертушки производится путем подсчета числа электрических импульсов. Зная число оборотов вертушки анемометра в течение известного промежутка времени и цену одного импульса, можно вычислить среднюю скорость ветра за это время.

В конструкции анемометра предусмотрено устройство, которое предотвращает поломку контактных пружин (контактной пары 9) в случае, когда случайно (от руки) вращают чашки анемометра в направлении, обратном нормальному. Оно по принципу такое же, как и в анемометре М-25, и представляет собой храповое устройство, связывающее шестерню 14 с ее осью. Шестерня 14, свободно посаженная на ось, связана с храповым кулачком, жестко посаженным на этой же оси, с помощью пружины, укрепленной на колесе 14 и

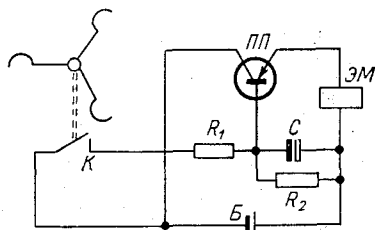


Рис. 8.16. Вариант схемы подключения контактного анемометра к регистратору.

являющейся собачкой храпового колеса. При нормальном вращении вертушки пружина входит во впадину кулачка и, зацепляя его, включает весь редуктор. При вращении вертушки в обратном направлении пружина скользит по кулачку и редуктор не включается.

В анемометре имеется обогревательное устройство, которое в отдельных случаях может предотвратить осаждение на нем

изморози и гололеда. Устройство для обогрева состоит из изоляционной втулки с проволочной спиралью 6, надетой на верхнюю часть корпуса 3 и защищенной кожухом 7.

В периоды, когда возможно обледенение, устройство для обогрева включается в сеть (36 в; 50 гц).

Обогревательный элемент выполнен из нихрома. В качестве изолирующего материала применена слюда. При вращении вертушки воздух, проходя мимо обогревательного элемента, нагревается и благодаря центробежной силе выбрасывается через отверстия в спицах во внутрь чашек.

С целью повышения надежности работы анемометра (исключения возможности подгорания контактов) рекомендуется подключать его в цепь питания счетчика или регистратора не непосредственно, а через транзистор. Пример такой схемы подключения анемометра приведен на рис. 8.16.

Обмотка электромагнита ЭМ счетчика или регистратора включается в цепь эмиттера транзистора ПП. Контакты анемометра включены в цепь базы транзистора.

При замыкании контактов анемометра на базу транзистора подается отрицательное напряжение. При этом внутреннее со-



противление транзистора (эмиттер — коллектор) резко уменьшается и через обмотку электромагнита ЭМ пройдет импульс тока, необходимый для его срабатывания.

При размыкании контактов внутреннее сопротивление транзистора резко увеличивается, что приводит практически к разрыву цепи питания электромагнита. При такой схеме включения контакты анемометра разрывают только цепь питания базы транзистора (в которой ток мал), поэтому они не подгорают.

Анемометр М-92 предназначен для измерения скоростей ветра от 0,6 до 40 м/сек. Точность измерений (в комплексе с регистратором Р-1) составляет  $\pm (0,2 \text{ м/сек} + 0,02 \text{ в})$ . Каждому анемометру придается тарифовочный график.

**Анеморумбометр электрический (АРМЭ).** Этот анеморумбометр является типичным для целого ряда приборов. Он состоит из датчика и указывающей части, соединяемых между собой кабелем. Датчик имеет трехшассечную вертушку, воспринимающую скорость ветра, и флюгарку, воспринимающую направление ветра. АРМЭ позволяет производить измерение на расстоянии до 100 м от точки замера (места установки датчика).

Измерение скорости на расстоянии осуществляется по принципу тахометра переменного тока, схема которого показана на рис. 8.17. На ось вертушки датчика насажен постоянный магнит М. Он является ротором генератора переменного тока. Статор генератора имеет катушку К. Возбуждаемая в обмотке катушки электродвижущая сила пропорциональна скорости вращения ротора.

Указателем скорости служит магнитоэлектрический прибор У, соединенный со статором через выпрямитель  $D_1—D_4$ .

Измерение направления с помощью АРМЭ основано на следующем принципе. Ось флюгарки связана с двумя диаметрально противоположно расположенными щетками  $Щ_1$  и  $Щ_2$  (рис. 8.18), питающими круговой потенциометр R. Последний имеет три отвода, которые делят сопротивление потенциометра на три равных участка (потенциометр намотан равномерно, каждый участок занимает  $120^\circ$ ). Круговой потенциометр выполняет роль источника трех напряжений  $u_1, u_2, u_3$ ; знак напряжений и соотношение между ними зависят от угла поворота щеток  $\alpha$ . Отводы потенциометра соединяются с тремя симметрично расположенными (под углом  $120^\circ$ ) катушками  $K_1, K_2$  и  $K_3$  прибора, указывающего направление.

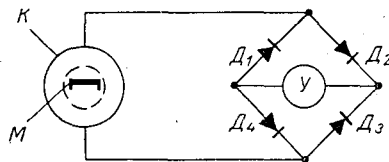


Рис. 8.17. Схема подключения тахогенератора анемометра к указывающему прибору.

Когда к щеткам  $\mathcal{U}_1$  и  $\mathcal{U}_2$  подведено напряжение  $U$ , постоянный магнит  $M$  указывающего прибора устанавливается в магнитном поле, созданном катушками  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  в соответствии с положением питающих щеток кругового потенциометра датчика.

Поворот флюгарки, а следовательно, и щеток  $\mathcal{U}_1$  и  $\mathcal{U}_2$  на угол  $\alpha$  вызовет поворот магнита  $M$  на такой же угол  $\alpha$ . Таким образом, стрелка, связанная с осью магнита, может показывать на неподвижной круговой шкале положение флюгарки, следовательно, направление ветра.

Принципиальная электрическая схема АРМЭ показана на рис. 8.19. Пунктиром ограничены датчики и указывающая часть. В датчике расположены генератор (ротор  $M$  и катушка статора  $K$ ) и круговой потенциометр  $R$  с контактными токопроводящими кольцами  $T_1$ ,  $T_2$  и щетками  $\mathcal{U}_1$  и  $\mathcal{U}_2$ , замыкающими их с круговым потенциометром  $R$ .

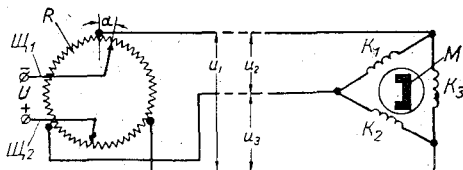


Рис. 8.18. Схема подключения потенциометрического датчика направления к указателю.

В приемной части расположены указатель скорости  $U$  с выпрямителем  $B_1$ , балластные сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  и гасящее  $R_3$ , указатель направления  $H$ , батарея сухих элементов

$B$ , преобразователь для питания АРМЭ от сети переменного тока (трансформатор  $Tr$ , выпрямитель  $B_2$ , конденсатор  $C$ , сопротивление  $R_4$  и два переключателя  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ ).

Датчик и приемная часть соединяются между собой с помощью кабеля и двух штепсельных разъемов  $\mathcal{U}P_1$  и  $\mathcal{U}P_2$ .

Переключатель  $\Pi_1$  может устанавливаться в трех положениях. При двух положениях он подключает указатель  $U$  к генератору анемометра последовательно с сопротивлением  $R_3$ , в этом случае указатель обеспечивает измерение в диапазоне 2—30 м/сек (рис. 8.19 б), или, минуя сопротивление  $R_3$ , тогда указатель обеспечивает измерение в диапазоне 2—12 м/сек (рис. 8.19 а). При третьем положении (рис. 8.19 в) переключатель  $\Pi_1$  подает питание на датчик направления (на токопроводящие кольца  $T_1$  и  $T_2$  потенциометра  $R_0$ ). Переключатель  $\Pi_2$  служит для включения питания от сети переменного тока или от батареи.

Для удобства монтажа датчика (рис. 8.20) при его изготовлении, а также для перевозки выпускавшиеся ранее приборы легко разбираются на отдельные узлы: вертушку 1, флюгарку 2, противовес 3, верхнюю часть — блок 4, среднюю подвижную часть 5 и основание 6. Сборка узлов осуществляется на центральном валу, на котором на двух подшипниках насажена средняя подвижная часть 5. Верхняя 4 и нижняя 6 части сочленяются

с центральным валом. Флюгарка 2 и противовес 3 вставляются во втулки подвижной части и закрепляются винтами. В верхней части располагается генератор и на двух подшипниках ось, на которую насажен ротор генератора и надевается вертушка 1. В средней части 5 находятся щетки, подводящие питание к круговому потенциометру и контактирующие с токоподводящим

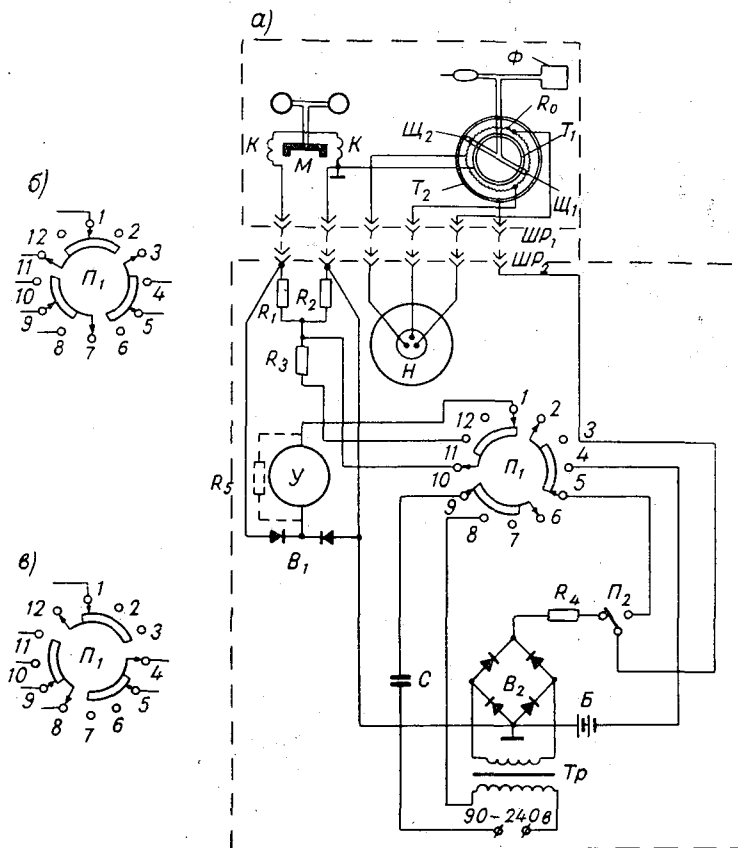


Рис. 8.19. Принципиальная электрическая схема АРМЭ.

кольцом, расположенным в основании 6. В основании имеются клеммы для подключения цепей питания и съема напряжений от датчиков скорости и направления ветра. Напряжение от генератора подается на контакт через штырек, связанный с концом обмотки катушки статора, и провод, проходящий через центральный вал (второй конец обмотки заземлен на корпус). Датчик крепится на штырь мачты, который вставляется в гнездо втулки 8 и закрепляется болтами. Горизонтально расположен

ный стержень 7 служит для ориентации датчика при его установке.

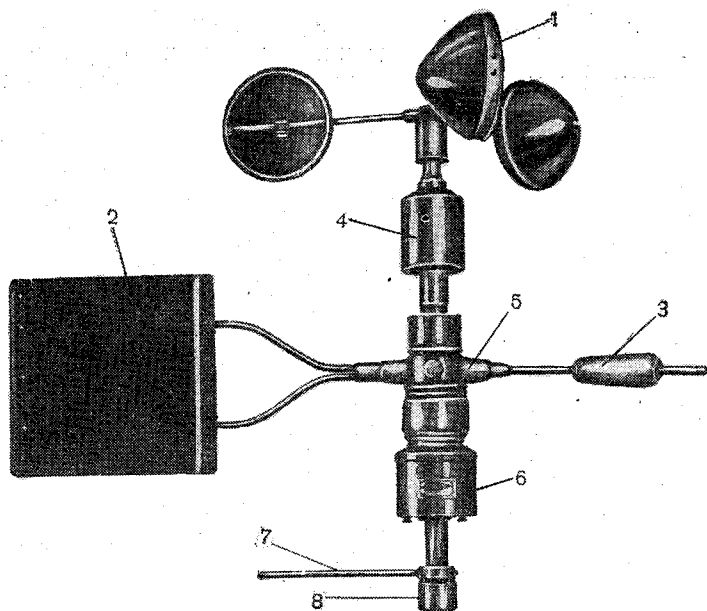


Рис. 8.20. Датчик АРМЭ.

На пульте прибора (рис. 8.21) установлены два указателя: справа — указатель скорости с двумя шкалами, слева — указатель направления.

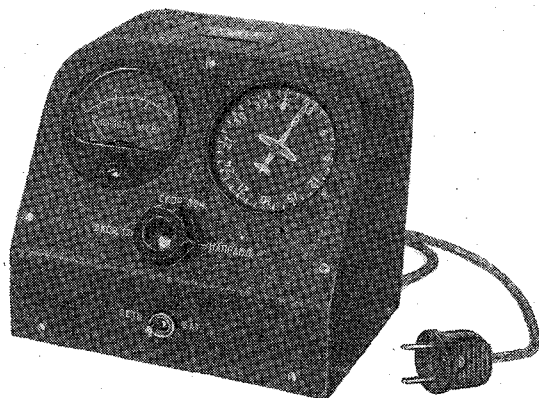


Рис. 8.21. Измерительный пульт АРМЭ.

Под указателями расположены ручки переключателей. На задней стенке указывающей части имеется провод с вилкой для

включения установки в сеть переменного тока и одна половина штепсельного разъема для подключения кабеля (вторая половина соединена с кабелем).

АРМЭ является недостаточно надежным прибором, главным образом из-за нарушения контакта между щетками и круговым потенциометром датчика направления ветра. Более надежным является анеморумбометр М-47.

**Анеморумбометр М-47.** В этом приборе в качестве чувствительного элемента датчика скорости ветра используется восьмилопастный воздушный винт, а в качестве преобразователя — тахогенератор переменного тока. Чувствительным элементом датчика направления служит флюгарка, преобразователем — бесконтактный сельсин. Анеморумбометр состоит из блока датчиков и измерительного пульта, при установке соединяемых между собой шестижильным кабелем (длиной до 100 м).

Блок датчиков (рис. 8.22а) состоит из двух частей: нижней, вертикально расположенной стойки (которая при установке датчика неподвижно закрепляется на штыре мачты), и верхней, горизонтально расположенной части, на которой жестко укреплена флюгарка 5 (рис. 8.22б) и на двух подшипниках 3 установлена ось 2 с воздушным винтом 1.

Верхняя, горизонтально расположенная часть датчика может свободно вращаться вокруг стойки 8 на подшипниках 16. Поэтому, когда стойка неподвижно закрепляется при установке прибора на мачте, верхняя часть при наличии ветра вследствие воздействия его на флюгарку устанавливается винтом навстречу потоку (плоскость вращения винта перпендикулярна направлению ветра). Подвижная часть осью 7 связана с ротором сельсина 14, статор которого неподвижно закреплен в стойке. Винт 1 через ось 5, коническую пару 6 и трубчатую ось 15 связан с ротором 10 тахогенератора 9, статор 11 которого неподвижно закреплен в стойке. Ротор тахогенератора 10 выполнен в виде кольцевого магнита (с шестью парами неявно выраженных полюсов), а статор — в виде катушки с сердечником и с полюсными наконечниками. Датчик соединяется с измерительным пультом кабеля через штепсельный разъем 12.

Измерительный пульт собран в корпусе прямоугольной формы 4 (рис. 8.23). На его передней панели расположены индикаторы. Индикатор направления ветра 5 имеет круговую шкалу с делениями в градусах, стрелка его посажена на оси сельсин-приемника и показывает положение флюгарки (направление ветра). Указателем скорости является микроамперметр 6. Под указателем направления находится ручка переключателя 7, которая может быть установлена в трех положениях.

На боковой стенке пульта расположены штепсельные разъемы 1, 2 для подключения кабеля, идущего от датчиков и

подводки питания от сети переменного тока и клеммы 3 для подключения питания от батарей.

Питание анеморумбометра необходимо только для измерения направления. (Измерение скорости ветра не требует наличия каких-либо внешних источников питания.)

Когда под воздействием ветра воздушный винт приводит во

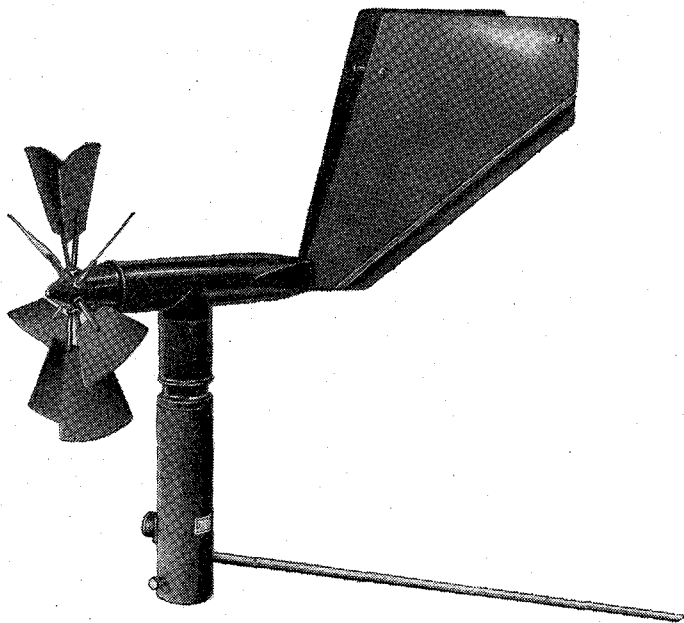


Рис. 8.22а. Датчик анеморумбометра М-47.  
Внешний вид.

вращение ротор тахогенератора, на его полюсах создается э. д. с. переменного знака, пропорциональная скорости ветра.

При установке рукоятки переключателя на передней панели измерительного пульта в положение «Скорость» (рис. 8.23) пакетный переключатель устанавливается в положение 2 (рис. 8.24), замыкая измерительную цепь скорости. При этом под воздействием э. д. с. тахогенератора в этой цепи возникает ток, который по проводам поступает от датчика в измерительный пульт на выпрямитель  $D_1-D_4$  и после выпрямления через сопротивление  $R_1$  в измерительный прибор ИП. Сопротивление  $R_1$  переменное (подгоночное), оно регулируется только при тарировке прибора и служит для регулировки силы тока, поступающего в измерительный прибор с целью согласования его показаний

с контрольным прибором. При установке рукоятки переключателя в любое из его двух других положений измерительная цепь скорости разрывается, а измерительный прибор ИП зако-

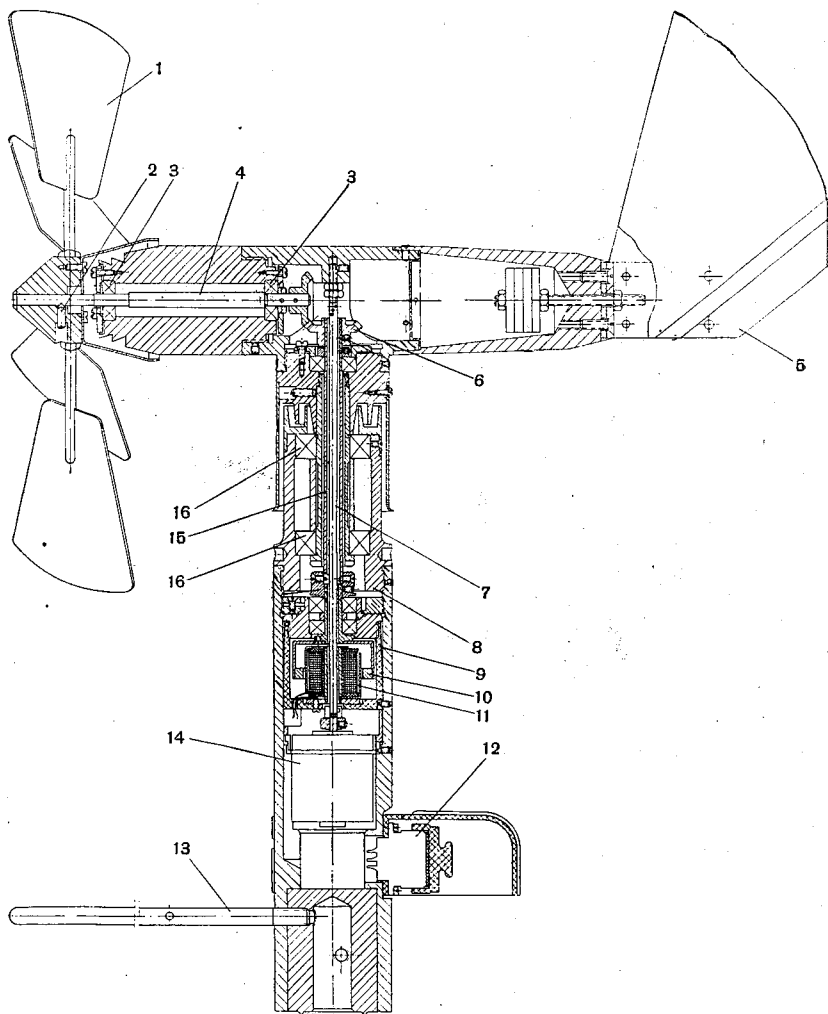


Рис. 8.226. Датчик анеморумбометра М-47.  
Общий вид (разрез).

рачивается. При установке рукоятки в положение 1 и 3 происходит измерение направления ветра, причем в первом — с использованием питания от источника постоянного тока, а в третьем — с использованием питания сети переменного тока. Источники

тока необходимы для питания цепей синхронной связи сельсинов датчика  $M_2$  и приемника  $M_3$ . Применяемые бесконтактные сельсины типа БС-2 должны обеспечиваться питанием от источника переменного тока с частотой 400 гц. Для получения такого рода тока в пульте имеется преобразователь постоянного тока в переменный частотой 400 гц. Этот преобразователь собран по схеме блокинг-генератора на двух полупроводниковых триодах  $T_1$  и  $T_2$ .

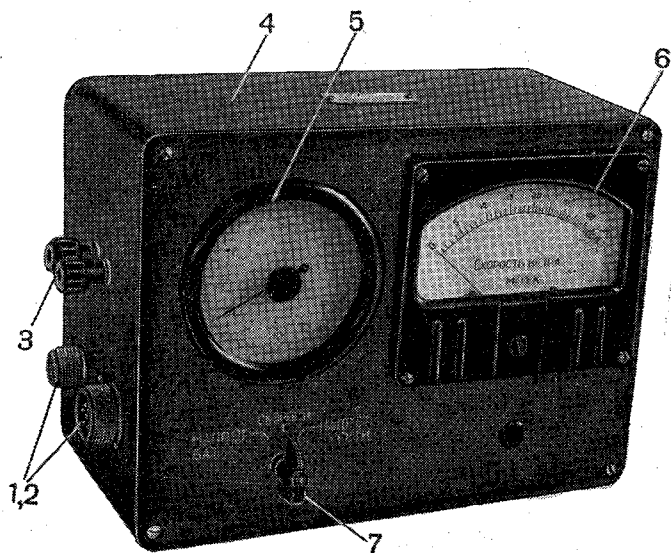


Рис. 8.23. Измерительный пульт М-47.

Питание преобразователя может осуществляться от выпрямителя  $D_5-D_8$  (на который напряжение подается от сети через трансформатор  $Tr_2$ ) или от батареи (через диоды  $D_5$  и  $D_6$ ). Переменное напряжение (с частотой 400 гц) поступает в цепи питания сельсинов от вторичной обмотки трансформатора  $Tr_1$  преобразователя тока.

В момент подачи питания на сельсины  $M_2$  и  $M_3$  сельсин-приемник  $M_3$  согласуется с сельсином-датчиком  $M_2$ , ротор которого жестко связан с флюгаркой. При этом ротор сельсина  $M_3$  устанавливает стрелку относительно шкалы индикатора в соответствии с положением флюгарки. Стрелка указывает направление ветра.

Датчик устанавливается на мачте в соответствии с Наставлением. Штырь 29 (рис. 8.22 б) должен быть направлен на север.

М-47 в настоящее время является одним из наиболее распространенных дистанционных анеморумбометров.



**Станционный электромеханический самописец ветра (М-12).** Самописец предназначен для непрерывной регистрации направления и средней скорости ветра. Он состоит из датчика и регистратора (рис. 8.25 и 8.26). Датчик устанавливается на столбе на метеорологической площадке, а регистратор — в помещении метеорологической станции; они соединяются между собой 11-жильным кабелем. Кабель подключается к датчику и регистратору

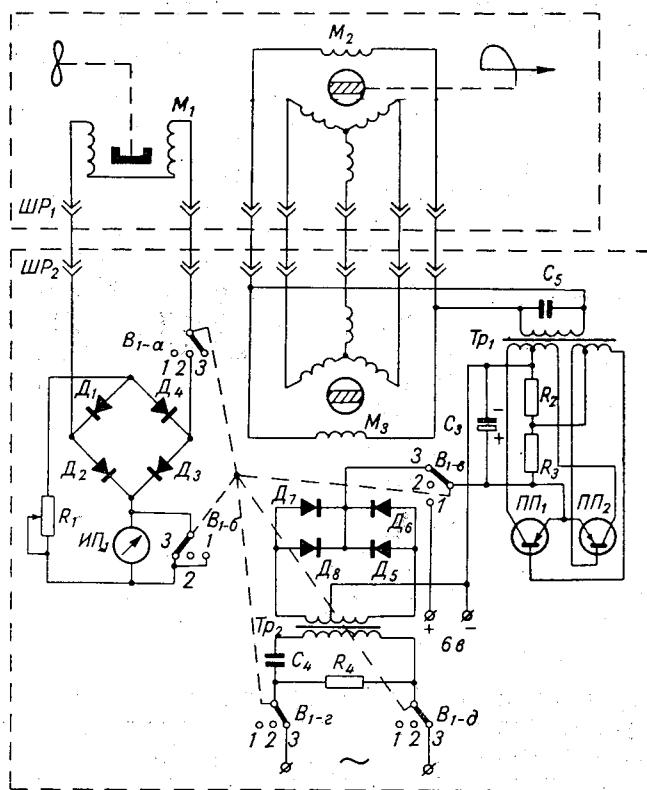


Рис. 8.24. Принципиальная схема М-47.

с помощью штепсельных разъемов. К регистратору подключается источник питания напряжением 6—8 в. Датчик имеет литой корпус, к которому с помощью винтов крепится крышка. Весь механизм датчика, расположенный внутри корпуса, а также флюгарка с противовесом и трехчашечная вертушка смонтированы на крышке прибора. В крышке крепится также вилка штепсельного разъема.

В нижней, суженной части корпуса имеется гнездо, в которое при установке датчика вставляется штырь мачты.

При установке прибор ориентируется горизонтальным стержнем-указателем на север. После ориентировки положение прибора закрепляется двумя винтами. Ось трехчашечной вертушки проходит сквозь пустотелую ось флюгарки и вращается в двух подшипниках: верхнем, установленном в верхней части крышки, и нижнем, закрепленном в стакане крышки. Ось вертушки оканчивается внизу червяком, сцепляющимся с червячным колесом контактного устройства скорости. Ось флюгарки оканчивается внизу кулачком, включающим в зависимости от положения флюгарки один или одновременно два соседних контакта из восьми, расположенных вокруг оси флюгарки через каждые  $45^\circ$ .

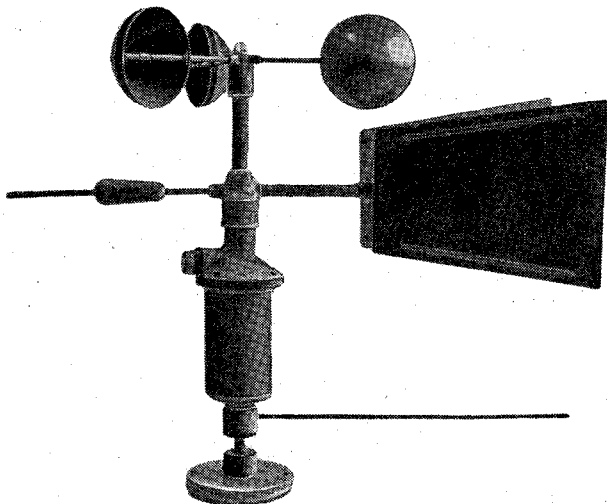
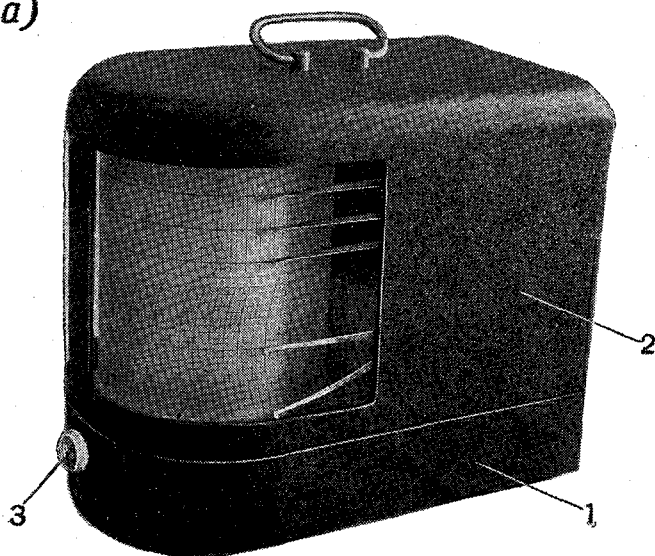


Рис. 8.25. Датчик М-12.

Регистратор прибора (рис. 8.26) смонтирован на металлическом корпусе 1. Прибор имеет откидную крышку 2, соединенную с корпусом петлями и закрывающуюся пружинным запором. Открывание крышки производится с помощью рукоятки в верхней ее части при одновременном нажатии кнопки 3, отпирающей пружинный запор. Крышка имеет окно из органического стекла, позволяющее производить круговой обзор записи на ленте барабана 4. Барабан надет на ось, которая вращается часовым механизмом со скоростью один оборот в 26 час. Верхние четыре пера регистрируют направление ветра, нижние два — скорость ветра. При смене ленты все перья отводятся стойкой с помощью рукоятки 5.

Самописец регистрирует среднюю скорость ветра. Осреднение скорости за каждые 10 мин производится прибором автоматически.

а)



б)

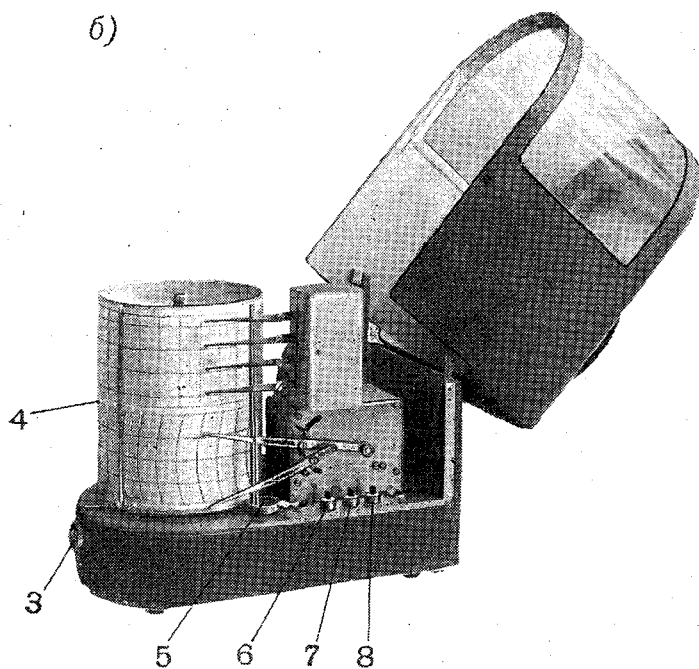


Рис. 8.26. Регистратор М-12.

а — внешний вид, б — с открытой крышкой.

Выработка (автоматическое вычисление) и регистрация средней скорости ветра. Вращение чашек (рис. 8.27) через червячную пару (на схеме не показана) передается кулачку, который замыкает поочередно контактные группы  $K_9$  и  $K_{10}$ .

Шупы контактных групп  $K_9$  и  $K_{10}$ , расположенные под углом  $180^\circ$  относительно друг друга, скользят по поверхности кулачка и в момент вращения последнего, поочередно срываясь с выступа, резко замыкают контакты  $K_9$  или  $K_{10}$ .

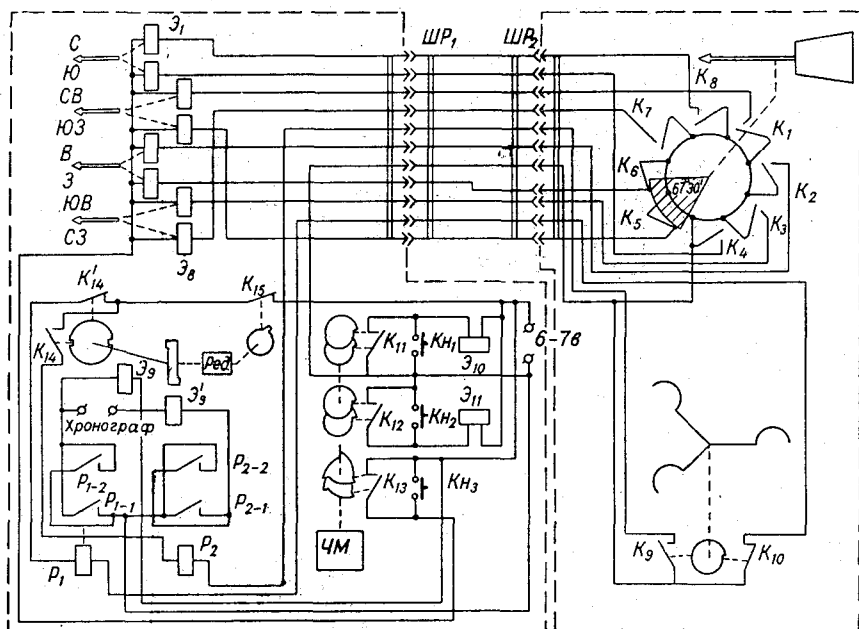


Рис. 8.27. Принципиальная электрическая схема М-12.

При замыкании контакта  $K_9$  импульс тока через контакты  $K_{14}$  контактного распределителя шагового мотора подается на катушку реле  $P_2$ . Реле  $P_2$ , сработав, замыкает контакты  $P_{2-1}$  и  $P_{2-2}$  и включает электромагнит  $\mathcal{E}_9'$  шагового мотора.

Электромагнит  $\mathcal{E}_9'$  поворачивает якорь и ось шагового мотора на  $1/4$  оборота и одновременно разрывает контакты  $K_{14}$ . В связи с этим контактный распределитель мгновенно разрывает электрическую цепь, несмотря на то что контакты  $K_9$  еще замкнуты.

В момент вращения коммутатор шагового мотора, разомкнув контакты  $K_{14}$ , замыкает контакты  $K_{14}'$ , подготавливая схему для дальнейшей работы.

При замыкании контактов  $K_{10}$  импульс тока уже через кон-

такты  $K'_{14}$  контактного распределителя подается на катушку реле  $P_1$ . Реле  $P_1$ , срабатывая, замыкает контакты  $P_{1-1}$  и  $P_{1-2}$  и включает тяговый электромагнит  $\mathcal{E}_9$  шагового мотора.

Электромагнит  $\mathcal{E}_9$  поворачивает ротор и ось шагового мотора еще на  $1/4$  оборота и одновременно, разрывая контакты  $K_{14}$ , замыкает контакты  $K'_{14}$ . Электрическая схема принимает исходное положение.

После того как кулачок повернется на  $180^\circ$  и снова замкнет контакты  $K_9$ , весь цикл работы повторится.

Таким образом, каждое замыкание контакта в датчике скорости вызывает поворот оси шагового мотора на  $90^\circ$ .

Ось шагового мотора через

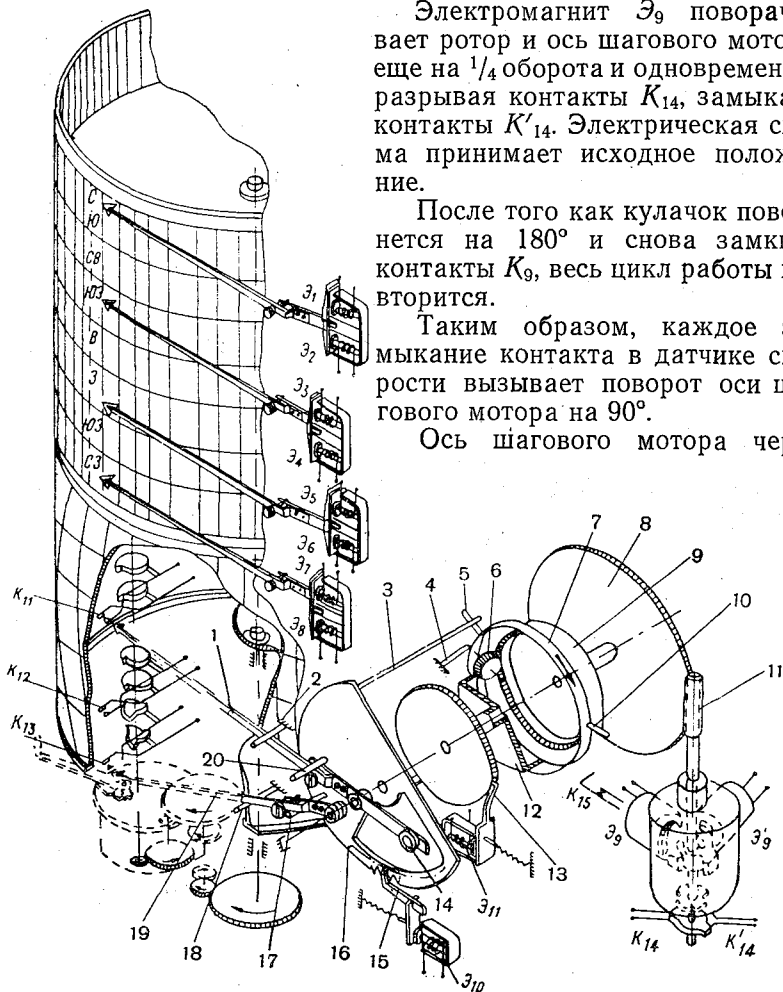


Рис. 8.28. Кинематическая схема регистратора.

червячную пару передает вращение наборному механизму средней скорости.

Угол поворота оси шагового мотора 11 (рис. 8.28) через шестерню 8 передается на крайнюю шестерню 9 дифференциала. Угол поворота шестерни 9 за 10 мин будет пропорционален

средней скорости за этот же промежуток времени. Сателлит 6 дифференциала, укрепленный в обойме 7, при вращении крайней шестерни 9 дифференциала будет обкатываться по другой крайней шестерне 12, намертво связанной с шестерней, заторможенной собачкой 13, электромагнита  $\mathcal{E}_{11}$ .

На обойме 7 имеются два поводка 5 и 10 и груз-противовес (на схеме не показан). Если электромагнит  $\mathcal{E}_{11}$  сработает и освободит крайнюю шестерню 12 дифференциала, то сателлит 6 под действием груза-противовеса, обкатываясь по шестерне 9, будет поворачиваться вместе с обоймой против часовой стрелки до тех пор, пока поводок 5 не упрется в упор 4 (нулевое положение).

Следовательно, за 10 мин, в течение которых электромагнит  $\mathcal{E}_{11}$  будет тормозить крайнюю шестерню 12, обойма 7 с поводком 5 повернется от нулевого упора 4 на угол, пропорциональный средней скорости ветра. По истечении 10-минутного интервала времени электромагнит срабатывает (растормозит шестерню 12) и поводок 5 повернется до упора 4.

В следующий 10-минутный интервал времени цикл работы наборного механизма повторяется.

При повороте обоймы 7 поводок 5 одновременно повернет за поводок 3 зубчатый сектор 16 на тот же угол. Сектор 16 имеет храповые зубцы и тормозится при помощи собачки 15, управляемой электромагнитом  $\mathcal{E}_{10}$ .

По истечении 10-минутного интервала, когда обойма 7 вернется в свое исходное нулевое положение, сектор 16 останется заторможенным собачкой 15 в том положении, до которого его повернул поводок 5.

Угол, на который повернется сектор 16, будет пропорционален средней скорости ветра за истекшие 10 мин.

Это положение сектора фиксируется (записывается) на ленте, наложенной на барабан часового механизма, стрелками с перьями 1 и 19. Использование двух перьев увеличивает в два раза масштаб записи средней скорости ветра при тех же размерах ленты.

Перо 1 записывает среднюю скорость ветра в пределах 0—20 м/сек, а перо 19 — от 20 до 40 м/сек (рис. 8.28).

Под действием груза 14 перо 1 прижимается к штифту 20 сектора 16 и таким образом «следит» за поворотом сектора до тех пор, пока сектор не повернется на такой угол, при котором перо 1 упирается в неподвижный упор 2. Это положение стрелки (и сектора) будет соответствовать средней скорости ветра, равной 20 м/сек.

В тот момент, когда стрелка 1 коснется упора 2, стрелка 19, до сих пор лежащая на упоре 18, начнет двигаться под действием поводка 17 сектора 16.

После того как обойма 7 вернется в свое исходное нулевое положение (поводок 5 упрется в упор 4) и электромагнит  $\mathcal{E}_{11}$  затормозит шестерню 12, обойма вновь начнет в течение 10 мин поворачиваться по часовой стрелке. При этом возможны три случая.

Случай 1. Средняя скорость ветра в текущие 10 мин будет меньше, чем в предыдущие. В этом случае поводок 5 по истечении 10 мин повернется на меньший угол, чем за предыдущие 10 мин, и не дойдет до поводка 3 сектора 16.

Для того чтобы стрелка 1 или 19 изменила свое показание, срабатывает электромагнит  $\mathcal{E}_{10}$  за 9 сек до конца 10-минутного интервала, и сектор 16 под действием своего веса повернется до соприкосновения поводка 3 с поводком 5. Соответственно на такой же угол изменится показание и одной из стрелок (1 или 19). После этого, спустя 3 сек, электромагнит  $\mathcal{E}_{11}$  отпустит собачку 15 и затормозит сектор 16 в новом положении. Еще через 3 сек сработает электромагнит  $\mathcal{E}_{10}$  и сбросит поводок в нулевое исходное положение, тогда начнется новый цикл выработки средней скорости ветра.

Случай 2. Средняя скорость ветра в текущие 10 мин будет больше, чем в предыдущие. В этом случае поводок 5 еще до конца 10-минутного интервала подхватит поводок 3 сектора 16 и будет его поворачивать; угол поворота сектора 16 будет больше, чем за предыдущие 10 мин. Соответственно на такой же угол изменит свое положение и одна из стрелок.

Случай 3. Средняя скорость ветра не меняется. В этом случае угол поворота поводка 5 за истекшие 10 мин будет таким же, как и в предыдущие. Поводок 5 только коснется поводка 3. Сектор 16 и перья не изменят своего положения.

Таким образом, запись на ленте получается в виде горизонтальной прямой при постоянной скорости и ступенчатой при переменной. В течение 10 мин перо пишет прямую, параллельную оси времени, ордината которой равна скорости ветра за прошедшие 10 мин.

По истечении 10 мин перо при уменьшении скорости резко опускается до нового значения, при увеличении скорости отдельными небольшими скачками поднимается до нового значения, при постоянной скорости остается на месте. Средняя скорость ветра может быть непосредственно отсчитана по записи, и поэтому прибор может быть использован одновременно как указывающий.

Включением и выключением электромагнитов  $\mathcal{E}_{10}$  и  $\mathcal{E}_{11}$  через определенные промежутки времени управляет часовой механизм при помощи кулачков, сидящих на валике, который делает один оборот за 10 мин.

Два кулачка управляют включением электромагнита  $\mathcal{E}_{10}$  через контакты  $K_{11}$ , два кулачка — электромагнитом  $\mathcal{E}_{11}$  через контакты  $K_{12}$ . Два кулачка через контакты  $K_{13}$  три раза в течение 10 мин через равные промежутки времени подключают питание к схеме направления ветра для срабатывания электромагнитов  $\mathcal{E}_1$ — $\mathcal{E}_8$ , регистрирующих направление ветра.

При внезапной остановке часового механизма будет происходить непрерывный набор скорости до величины, далеко превышающей пределы регистрации, что могло бы вызвать поломку прибора. Для исключения этого на обойме 7 предусмотрен палец 10, разрывающий в предельном положении с помощью контактов  $K_{15}$  цепь питания прибора, в результате чего наборный механизм прекращает работу.

После пуска часового механизма прибор автоматически включается и через 10 мин после этого начинает давать правильные показания.

Следует более подробно остановиться на назначении реле  $P_1$  и  $P_2$  в схеме выработки и регистрации средней скорости ветра.

Эти реле  $P_1$  и  $P_2$  с замедлением при отпускании (при размыкании контактов; время замедления при отпускании около 0,2 сек) введены в схему для того, чтобы электромагниты  $\mathcal{E}_9$  и  $\mathcal{E}_9'$ , срабатывая, не разрывали свою цепь питания.

Так, при разрыве цепи питания реле  $P_1$  (или  $P_2$ ) от датчика электромагнит  $\mathcal{E}_9$  ( $\mathcal{E}_9'$ ) через контакты будет еще питаться в течение времени отпускания  $P_1$  ( $P_2$ ). За это время электромагнит  $\mathcal{E}_9$  ( $\mathcal{E}_9'$ ) провернет до конца наборный механизм, несмотря на то что электрическая цепь уже разорвана контактным распределителем  $K_{14}$  ( $K'_{14}$ ). Это обеспечивает устойчивую работу схемы. Кроме того, применение реле  $P_1$  и  $P_2$  имеет еще одно существенное преимущество.

Для питания реле  $P_1$  и  $P_2$  необходим ток всего 40—45 ма, поэтому контакты  $K_9$  и  $K_{10}$  работают при более благоприятном режиме, чем при непосредственном подключении к ним электромагнитов  $\mathcal{E}_9$  и  $\mathcal{E}_9'$ , потребляющих ток 500 ма. Контакты  $K_9$  и  $K_{10}$  благодаря этому будут меньше подвергаться обгоранию, что имеет большое значение, так как они расположены в датчике и, следовательно, осмотр их затруднен. Контакты же реле находятся в регистраторе.

Регистрация направления ветра. При изменении направления ветра происходит коммутация контактов  $K_1—K_8$  (см. рис. 8.27). Замыкание того или иного контакта (в промежуточном положении одновременно двух соседних контактов) осуществляется при помощи специального кулачка, сидящего жестко на оси флюгарки. Кулачок имеет угловую ширину, равную  $67^\circ 30'$  (расчетные значения), практически меньше на угловую ширину ролика контактной пружины, что позволяет определить направление ветра по 16 румбам.

Каждая из восьми контактных групп  $K_1—K_8$  при замыкании включает один из электромагнитов  $\mathcal{E}_1—\mathcal{E}_8$  регистратора. Электромагниты  $\mathcal{E}_1—\mathcal{E}_8$  собраны попарно, каждая пара управляет одним пером (см. рис. 8.28).

При срабатывании электромагнита  $\mathcal{E}_1$  верхнее перо сделает



риску вверх от нейтральной линии, при срабатывании  $\mathcal{E}_2$  — вниз, что означает соответственно северное и южное направление ветра.

Для второго пера (при срабатывании  $\mathcal{E}_3$  или  $\mathcal{E}_4$ ) риска вверх означает северо-восточное, вниз — юго-восточное направление ветра; для третьего пера (при срабатывании  $\mathcal{E}_5$  и  $\mathcal{E}_6$ ) риска вверх — восточное, вниз — западное направление ветра; для четвертого, самого нижнего пера (при срабатывании  $\mathcal{E}_7$  или  $\mathcal{E}_8$ ), риска вверх — юго-восточное и вниз — северо-западное направление ветра.

При промежуточных румбах происходит одновременное включение двух электромагнитов, что вызывает перемещение двух перьев одновременно.

Так, при северо-северо-восточном ветре замкнутся электромагниты  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_3$ . При этом первое и второе сверху перья нанесут одновременно на ленте риски вверх от нулевых линий.

В целях экономии питания напряжение на электромагниты  $\mathcal{E}_1$ — $\mathcal{E}_8$  подается в течение 10 мин только три раза (по 3 сек) через равные промежутки времени. Из трех отметок направления ветра за 10 мин легко определить среднее значение направления ветра за этот промежуток времени.

Питание электромеханического самописца ветра М-12 осуществляется постоянным током 6—7 в. Источником питания может быть батарея сухих элементов БНС-МВД-500 (5 шт.), аккумулятор или выпрямитель мощностью около 5 вт.

Кнопки 6—8 (рис. 8.26) служат для включения измерительных и исполнительных цепей независимо от положения кулачков часового механизма. Это необходимо при регулировке и проверке прибора, а также при проверке его работы во время эксплуатации.

Установка самописца М-12 на метеорологической станции. Датчик самописца ветра М-12 устанавливается на деревянном столбе или металлической мачте высотой 10 м.

Датчик устанавливают так, чтобы его ориентир был направлен на север.

Ориентировка прибора производится так же, как и ориентировка флюгера.

При установке на деревянном столбе датчик следует заземлить. Для этого в яму закапывают металлическую пластину или бухту провода (без изоляции). К металлической пластине припаивают железную или медную проволоку сечением не менее 10 мм<sup>2</sup>, один конец которой прочно зажимают глухарем, крепящим таган (или фланец), на котором устанавливается датчик.

Сопrotивление заземления должно быть не более 30 ом. Поэтому, если верхний слой почвы песчаный, необходимо яму для

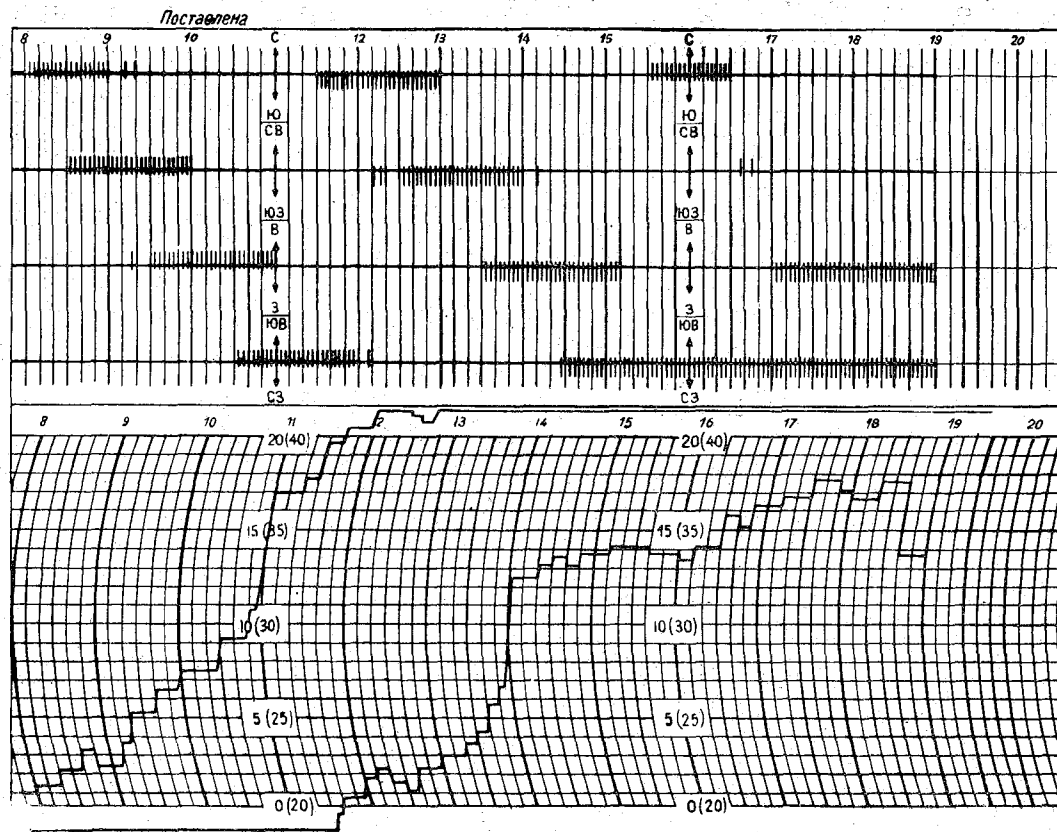


Рис. 8.29. Образец записи на ленте самописца М-12.

заземляющей пластины копать до глубины слоя, содержащего грунтовые воды.

Кабель, соединяющий датчик и регистратор, прокладывается на столбах, укладывается в земле на глубину 0,5—0,7 м. Штепсельными разъемами кабель присоединяется к датчику и регистратору, который устанавливается в помещении на столе или на специальной полочке, прочно приделанной к стене.

Питание к самописцу подключается при помощи клемм на задней стене регистратора (полярность не имеет значения).

Для подготовки к работе регистратора нужно открыть крышку до упора. В этом положении крышка может оставаться открытой. Рукояткой арретира отводят стрелки от барабана и накладывают ленту на барабан. Заводка часов производится рукояткой (находящейся сзади часового механизма), при этом правой рукой придерживают регистратор, а левой поворачивают рукоятку против часовой стрелки до упора; обратный ход рукоятки является холостым и производится под воздействием возвратной пружины при ослаблении усилия, оказываемого левой рукой на рукоятку. (Это повторяют несколько раз до полной заводки пружины часов.)

После заводки следует убедиться, работает ли часовой механизм. В случае, если часы остановились, их запускают с помощью пусковой рукоятки (находящейся спереди часового механизма), которую поворачивают против часовой стрелки до упора и отпускают — в исходное положение рукоятка возвратится сама.

Полный завод часовой пружины обеспечивает нормальную работу прибора в течение четырех суток.

После установки барабана с лентой перья подводят к ленте и закрывают прибор крышкой. Запись на ленте не требует обработки, в данные записи следует только ввести поправки согласно графику поверки.

Лента имеет два поля для записи: на верхнем — направления и на нижнем — скорости ветра (рис. 8.29, где приведена часть ленты).

По горизонтальной ленте обеих полей расположена шкала времени (часовые линии на нижней шкале — вертикальные дуги, на верхней — вертикальные прямые). По вертикали нижнего поля ленты отложена шкала скоростей. Эта шкала имеет два предела: от 0 до 20 м/сек и от 20 до 40 м/сек, поэтому оцифровка ее двойная. Первый предел рассчитан для записи верхним пером, второй — нижним.

Верхняя часть ленты разделена по вертикали на отдельные области, каждая из которых соответствует определенному румбу, помеченному на ленте. Поэтому в зависимости от области, в которой расположена запись (в виде вертикальных штрихов), определяют направление ветра.

Следует обратить внимание на то, что при порывистом ветре, кроме записи основного направления ветра, могут появиться случайные отметки (одна-две отметки за 10 мин), соответствующие отдельным порывам ветра. При снятии с ленты данных и оценки преобладающего направления ветра этими отметками пренебрегают.

Иллюстрацией такого случая может служить запись на ленте (рис. 8.29) от 9 час 10 мин до 9 час 20 мин, от 12 час 10 мин до 12 час 20 мин и от 16 час 30 мин до 16 час 50 мин.

Несмотря на то что в эти промежутки времени на ленте имеются отдельные отметки, соответствующие северному, юго-западному и северо-восточному направлениям, запись свидетельствует, что преобладающими в эти промежутки времени являлись соответственно северо-восточное, южное и северо-западное направления ветра.

**Анеморумбометр М-63.** Этот прибор предназначен для измерения средней скорости ветра за 10 мин, мгновенной скорости ветра (с периодом осреднения 3—5 сек), максимального значения мгновенной скорости между двумя последовательными измерениями текущих значений мгновенной скорости и направления ветра. Прибор М-63 является дистанционным анеморумбометром с допустимой дистанцией измерения до 300 м, работающим от сети переменного тока, аккумуляторной батареи или от батарей сухих элементов. С его помощью можно измерить среднюю скорость ветра от 1 до 40 м/сек с точностью до  $\pm(0,5 + 0,05v)$  м/сек, мгновенную скорость от 1 до 60 м/сек с точностью  $\pm(1,0 + 0,05v)$  м/сек, максимальную скорость до 60 м/сек с точностью до  $\pm(1,0 + 0,05v)$  м/сек и направление ветра от 0 до 360° с точностью до  $\pm 10^\circ$ .

Анеморумбометр состоит из датчика (рис. 8.30), измерительного пульта приемной части (рис. 8.33), блока питания и соединительного кабеля.

В датчике сосредоточены первичные элементы и преобразователи скорости и направления ветра, в пульте управления — вторичные преобразователи, указывающие приборы, программное устройство (часовой механизм с системой кулачков), обеспечивающее автоматическую работу анеморумбометра, и преобразователь питания на 400 гц. В блоке питания имеются трансформатор с выпрямителями и аккумулятор.

Кинематическая схема датчика показана на рис. 8.31. Он оформлен в виде подвижного горизонтально расположенного обтекаемого корпуса с присоединенным к нему снизу вертикально расположенным цилиндром, внутри которого находится неподвижная часть (стойка) датчика. Горизонтальный обтекаемый корпус в задней части имеет хвостовое оперение 1, в передней — четырехлопастный воздушный винт 22. Благодаря своей форме датчик под воздействием ветра устанавливается винтом 22 на-

встречу воздушному потоку (поворачиваясь вокруг своей неподвижной части на подшипниках 4 и 19). Таким образом, горизонтальная часть корпуса прибора является флюгаркой.

Положение корпуса относительно неподвижно закрепленной части датчика передается по измерительной цепи (по кабелю)

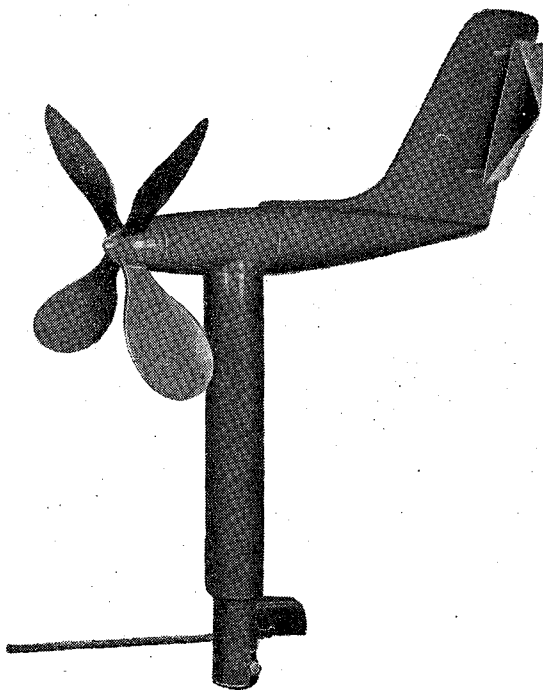


Рис. 8.30. Анеморумбометр М-63.

с помощью сельсина-датчика направления 16 ( $M_3$ ) (здесь и далее буквенные обозначения даны по рис. 8.32), корпус которого закреплен в неподвижной части датчика, а ротор связан с корпусом магнитами 17 и 21, закрепленными в подвижном корпусе, и магнитом 18, насаженным на ось ротора сельсина. Положение ротора сельсина воспринимается сельсином-приемником ( $M_2$ ) в приемной части. Вращение винта 22 передается через его ось и коническую пару 3 генератору переменного тока 5 ( $M_1$ ). Ток от генератора после выпрямления мостом ( $D_1—D_4$ ) поступает на измерительный прибор мгновенной и максимальной скоростей (ИП<sub>1</sub>).

Через ось 6 генератора и редуктор 7—8 (Ред.) вращение винта передается на дифференциал 9. Редуктор понижает число оборотов винта, так что за 10 мин при средней скорости

40 м/сек выходная ось дифференциала поворачивается лишь на угол  $170^\circ$ .

Выходная ось дифференциала с помощью электромеханической поводковой муфты 14 связана с ротором сельсина 15 ( $M_2$ ). Электромеханическая муфта состоит из электромагнита

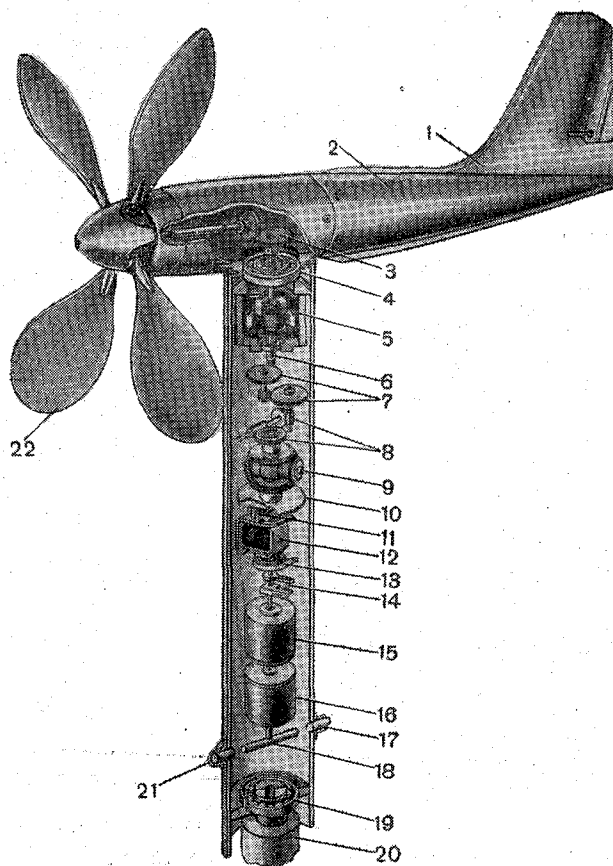


Рис. 8.31. Кинематическая схема датчика М-63.

12 ( $ЭМ_1$ ) и фиксатора 11 (зуб на якоре магнита), тормозящего храповое колесо 10, связанное с обоймой сателлитов дифференциала. Когда якорь электромагнита свободен (электромагнит не запитан) и колесо 10 заторможено, выходная ось дифференциала вращается вместе с входной осью и вращение через поводковую муфту 14 передается ротору сельсина 15 ( $M_2$ ). Это продолжается 10 мин, за которые в зависимости от скорости ветра ротор сельсина 15 ( $M_2$ ) повернется от своего начального положения на не-

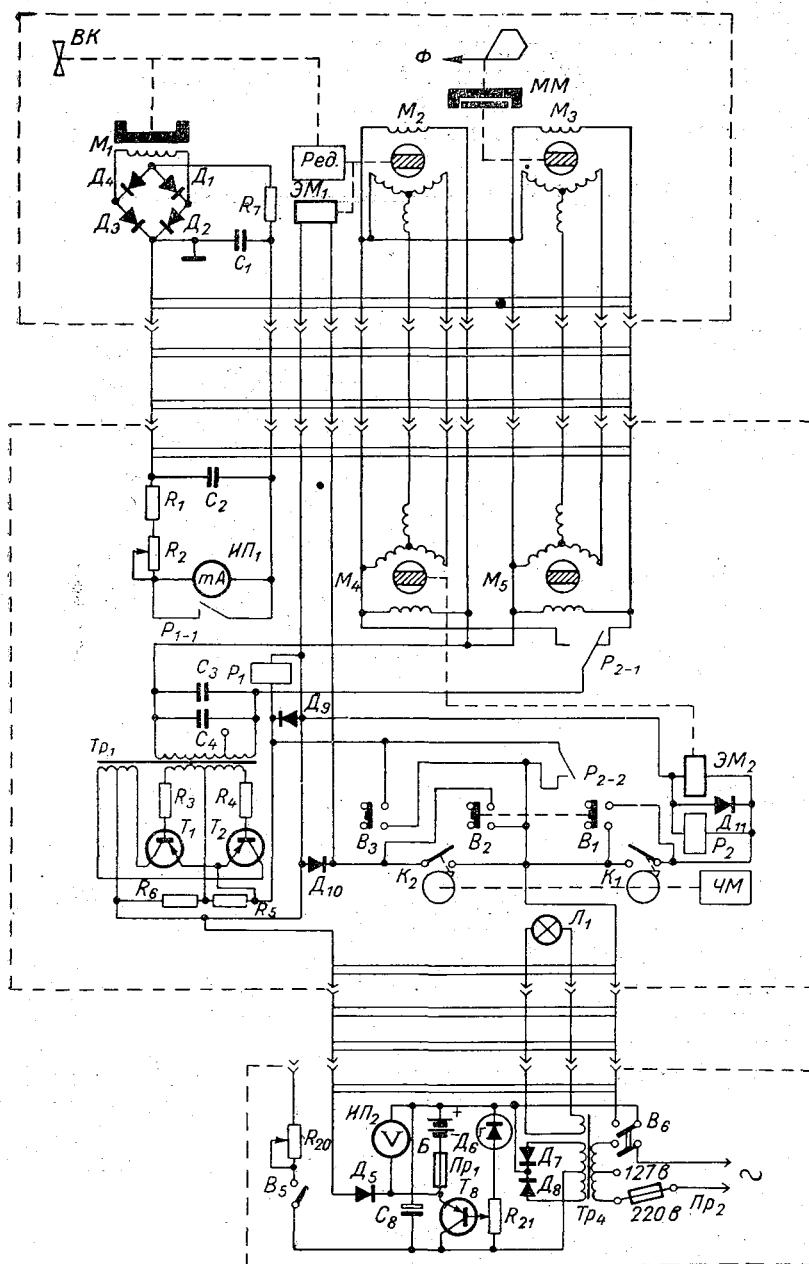


Рис. 8.32. Принципиальная электрическая схема М-63.

который угол, величина которого пропорциональна скорости ветра. После согласования положения ротора сельсина  $M_4$  приемника, расположенного в пульте, с положением ротора сельсина  $M_2$  электромагнит 12 запитывается, колесо 10 освобождается и выходная ось дифференциала вместе с ротором сельсина 15 под воздействием пружины 13 возвращается в исходное положение до упора. Затем обмотка электромагнита обесточивается, колесо 10 затормаживается и снова начинается набор средней скорости

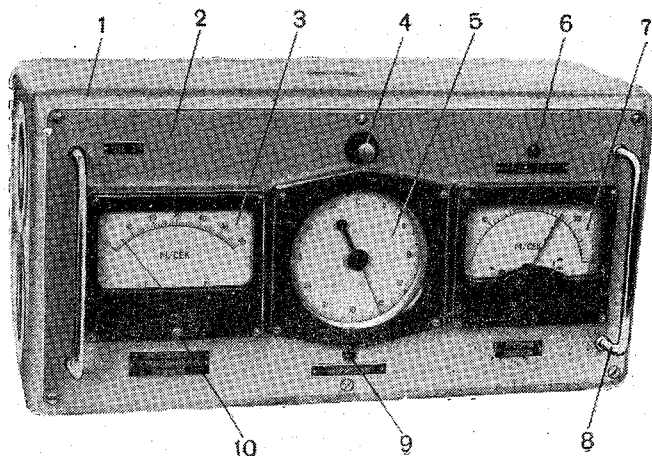


Рис. 8.33. Измерительный пульт М-63.

(ротор сельсина 15 начинает выводиться из исходного положения).

Если в случае неисправности прибора ротор сельсина повернется на угол более предельного ( $170^\circ$ ), а электромагнит не включится или не освободит колесо 10, тогда колесо 10 выводится из зацепления специальным поводком, закрепленным на выходной оси дифференциала. Поводок, нажимая на хвостовик якоря электромагнита, выводит колесо 10 из зацепления. Этим самым исключается возможность поломки датчика.

Измерительный пульт размещен в корпусе прямоугольной формы 1 (рис. 8.33) с рукоятками для переноса 8. Монтаж измерительного пульта выполнен на съемной передней панели 2 и частично на боковой правой стенке корпуса. На передней панели видны (слева направо) измерительные приборы со шкалами указателя мгновенной и максимальной скоростей 3 с кнопкой 10 для сброса максимального значения скорости, указателя направления ветра 5 с кнопкой 9 для его включения и указателя средней скорости 7. Над указателем средней скорости 7 находится кнопка 6 ( $B_1$  на рис. 8.32), при нажатии которой



производится сброс его показаний. Это делается при проверке точки нуля средней скорости. Над указателем направления находится сигнальный фонарь 4 с лампочкой  $L_1$ , сигнализирующий о наличии питания от сети переменного тока. В качестве указателя мгновенной и максимальной скоростей используется магнитоэлектрический прибор (микроамперметр) с дополнительным устройством, обеспечивающим хранение максимальных показаний прибора. Это устройство состоит из зубчатого сектора 2

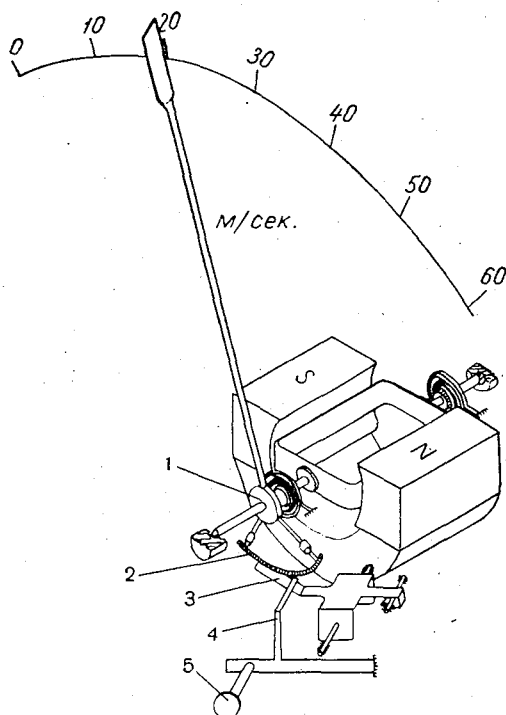


Рис. 8.34. Механизм сохранения показаний максимальных значений скорости ветра.

(рис. 8.34), закрепленного на подвижной системе 1, микроамперметра, собачки 3 с грузиком-противовесом, свободно качающейся на оси, и арретира 4 на пружинном основании с кнопкой 5. При вращении подвижной части микроамперметра по часовой стрелке в сторону возрастания показаний собачка 3, очень слабо прижатая противовесом к сектору 2, будет выталкиваться вниз и проскальзывать по зубцам передвигающегося сектора; стрелка прибора свободно установится по шкале в соответствии с током, протекавшим по рамке (слабо прижатая собачка при проскальзывании вносит относительно малую погрешность). При

прекращении поступления тока или его уменьшении собачка 3 заклинивает зубчатый сектор 2, фиксируя подвижную систему в положении максимального поворота, т. е. максимального показания стрелки по шкале. Таким образом, максимальное устройство обеспечивает сохранение максимальных показаний микроамперметра. При нажатии кнопки арретир 4 отводит собачку 3 от сектора 2 и микроамперметр начинает работать в обычном режиме, давая текущие показания. При отпускании кнопки собачка вновь приходит в соприкосновение с сектором.

В указателях направления ветра и средней скорости использованы сельсины-приемники, на осях роторов которых закреплены стрелки.

Непрерывная автоматическая работа прибора обеспечивается программным механизмом пульта. Он состоит из часового механизма и вращаемых им со скоростью один оборот в 10 мин двух кулачков, кратковременно замыкающих один раз за каждый оборот контакты  $K_1$  и  $K_2$ .

Преобразователь преобразует поступающий от блока питания постоянный ток в переменный частотой около 400 гц. Преобразователь представляет собой генератор переменного тока, собранный по схеме двухтактного блокинг-генератора на полупроводниковых триодах  $T_1$  и  $T_2$ . Ток от преобразователя используется для питания сельсинов.

Блок питания состоит из понижающего трансформатора  $Tr_4^1$ , выпрямителя  $D_7$ ,  $D_8$  и батареи аккумуляторов. Трансформатор питается от сети переменного тока 220 или 127 в, вторичные обмотки трансформатора питают выпрямитель  $D_7$  и  $D_8$  и накаливающую лампочку  $L_1$  сигнального фонаря пульта. К выходу выпрямителя через бесконтактное минимально-максимальное реле, включающее в себя триод  $T_8$ , стабилитрон  $D_6$  и потенциометр  $R_{21}$ , включена аккумуляторная батарея  $B$ . Питание анеморумбографа происходит одновременно от выпрямителя и батареи. Зарядка аккумулятора происходит по мере падения напряжения на ее полюсах и управляется триодом  $T_8$ , на базу которого подается опорное напряжение, формируемое на стабилитроне  $D_6$  и потенциометре  $R_{21}$ . Если опорное напряжение больше напряжения на полюсах аккумулятора, то на базу транзистора подается отрицательное напряжение и он открывается (аккумулятор начинает заряжаться). Если опорное напряжение равно напряжению аккумулятора или меньше его, транзистор закрывается (зарядка аккумулятора прекращается). При выключении питания от сети переменного тока аккумулятор обеспечивает нормальную работу анеморумбометра в течение не менее 150 час.

---

<sup>1</sup> Нумерация при обозначении элементов блока питания на рис. 8.32 согласуется с нумерацией на рис. 8.37.

На панели (внутри ящика блока питания) размещены вольтметр ( $ИП_2$ ), рукоятки переключателей ( $B_5$ ,  $B_6$ ) и предохранители ( $Пр_1$  и  $Пр_2$ ).

Анеморумбометр может питаться и от батареи сухих элементов напряжением 8 в, которая при достаточной емкости (300—500 а·ч) может обеспечить его нормальную работу в течение года.

При нормальной работе анеморумбометр всегда подготовлен к снятию показаний значений всех параметров ветра.

Значения мгновенной скорости вырабатываются непрерывно. На полюсах катушки генератора  $M_1$ , ротор которого приводится во вращение воздушным винтом, создается э. д. с. переменного знака, пропорциональная скорости ветра. Напряжение, созданное генератором в измерительной цепи после выпрямителя  $D_1—D_4$ , фильтра  $C_1$ ,  $C_2$ , ограничивающего сопротивления  $R_1$  и подгоночного  $R_2$  (подгоняется при градуировке анеморумбометра) поступает на измерительный прибор  $ИП_1$ . Однако показания на приборе соответствуют значению максимальной скорости, которая была после последнего нажатия кнопки максимального устройства, т. е. значению максимальной скорости между моментом последнего снятия показаний мгновенной скорости и текущим моментом.

Для того чтобы измерить мгновенную скорость, надо нажать кнопку для сброса максимальной скорости и произвести отсчет по указателю.

Значение средней скорости вырабатывается непрерывно. Положение стрелки указателя автоматически корректируется каждые 10 мин. Отсчет по указателю может быть произведен в любое время.

Выработка средней скорости происходит следующим образом. Началом 10-минутного цикла выработки средней скорости можно считать момент, когда кулачком на 3—4 сек замыкаются контакты  $K_2$ , тем самым подавая питание в обмотку электромагнита 12 ( $ЭМ_1$ ) (рис. 8.31 и 8.32). При этом якорь электромагнита  $ЭМ_1$  притягивается и освобождает храповое колесо 10 дифференциала, а под действием пружины 13 происходит возврат ротора сельсина 15 ( $M_2$ ) в исходное положение (возврат на нуль). После размыкания контактов  $K_2$  электромагнит 12 ( $ЭМ_1$ ) обесточивается, якорь электромагнита затормаживает храповое колесо 10 и ротор сельсина  $M_2$  в течение 10 мин вращается вместе с выходной осью дифференциала 9. В течение этих 10 мин происходит набор средней скорости. По истечении 9 мин 55 сек кулачок замкнет контакты  $K_1$ , тем самым подавая питание на реле  $P_2$  и электромагнит  $ЭМ_2$ . При этом якорь электромагнита  $ЭМ_2$  притягивается, освобождая ротор сельсина  $M_4$ , положение которого он фиксирует, когда сельсин обесточен (подробнее это излагается ниже), якорь реле  $P_2$  замыкает нормально

разомкнутые контакты  $P_{2-2}$ , через которые подается питание (12,5 в) на вход преобразователя питания и на реле  $P_1$ <sup>1</sup>.

С выхода преобразователя переменное напряжение подается на сельсины  $M_2$  и  $M_4$ , благодаря чему происходит согласование сельсина-приемника средней скорости  $M_4$  с сельсином-датчиком средней скорости  $M_2$  и стрелка ротора сельсина-приемника устанавливается на соответствующее деление шкалы (средней скорости). Когда кулачок размыкает контакты  $K_1$ , обесточивая реле  $P_2$  и электромагнит  $ЭМ_2$ , вследствие чего контакты  $P_{2-2}$  размыкаются и сельсины  $M_2$  и  $M_4$  обесточиваются, якорь электромагнита освобождается и затормаживает ротор сельсина  $M_4$ , исключая возможность его смещения. Через 1—3 сек кулачок замыкает контакт  $K_2$  — начинается новый 10-минутный цикл выработки средней скорости ветра.

Между моментами согласования сельсинов цепь синхронной связи обесточена, что дает большую экономию питания. Однако при этом ротор сельсина  $M_4$  (на оси которого посажена стрелка, указывающая значение средней скорости) находится в положении безразличного равновесия. Случайное даже легкое сотрясение пульта может его сместить. Во избежание этого ротор фиксируется тормозным приспособлением, укрепленным на якоре электромагнита  $ЭМ_2$ . В момент подачи питания на сельсины  $M_4$  и  $M_2$  (для их согласования) питание поступает также на обмотку электромагнита  $ЭМ_2$ , его якорь притягивается и освобождает ротор сельсина  $M_4$ .

Для проверки правильности показаний средней скорости ветра, в частности для проверки того, правильно ли установлена стрелка на оси сельсина-приемника  $M_4$  и равны ли показания нулю в момент, когда ротор сельсина-датчика ( $M_2$ ) находится в исходном положении, следует нажать кнопку пульта под указателем средней скорости. При этом происходит замыкание контактов  $B_1$  и  $B_2$ , вследствие чего замыкается цепь питания электромагнита  $ЭМ_1$  (ротор сельсина-датчика средней скорости  $M_2$  устанавливается в исходное положение) и цепь питания реле  $P_2$  и электромагнита  $ЭМ_2$  (освобождается ротор сельсина  $M_4$ ); далее включается преобразователь питания и подается напряжение в цепь синхронной связи средней скорости. Сельсин  $M_4$  должен согласоваться с сельсином  $M_2$ . Стрелка указателя средней скорости должна установиться на нулевом делении шкалы. При опускании кнопки все цепи разрываются.

Измерение направления ветра происходит полуавтоматически. С целью экономии питания цепь синхронной связи датчика направления и пульта (сельсины  $M_3$  и  $M_5$ ) запитывается только

---

<sup>1</sup> При этом контакт  $P_{1-1}$  замыкает накоротко указатель  $ИП_1$ , что исключает возможность влияния на его показания индуцирующих токов, являющихся помехами при некоторых вариантах включения датчика ветра.

в момент съема данных (отсчета), для чего следует нажать кнопку на пульте под указателем направления. При нажатии кнопки контакты  $B_3$  замыкаются и включают преобразователь питания, который запитывает сельсины  $M_3$  и  $M_5$ . Сельсин-приемник  $M_5$  согласуется с сельсином-датчиком  $M_3$  и стрелка, укрепленная на оси ротора сельсина  $M_5$ , укажет на шкале направление ветра в данный момент; пока кнопка нажата, стрелка будет следить за положением флюгарки датчика (когда кнопка отпущена, стрелка направление ветра не указывает).

Для того чтобы исключить возможность перегрузки преобразователя питания одновременным включением питания в цепи синхронной связи направления (сельсины  $M_3$  и  $M_5$ ) и средней скорости (сельсины  $M_2$  и  $M_4$ ). Напряжение от преобразователя в цепь синхронной связи направления поступает через нормально замкнутые контакты  $P_{2-1}$  реле  $P_2$ , которые размыкаются и разрывают эту цепь на время (5 сек) включения реле  $P_2$ , когда через  $P_{2-1}$  происходит подача питания в цепь синхронной связи средней скорости (на время согласования сельсина  $M_5$  с  $M_3$ ). При этом показания направления не выдаются и при нажатии кнопки.

Установка и эксплуатация анеморумбометра на станции производится в соответствии с существующим Наставлением. Датчик устанавливается на метеорологической площадке на мачте, измерительный пульт и блок питания — в помещении станции.

Производство измерений не требует подробных пояснений.

В первую очередь по показаниям указателя мгновенной и максимальной скоростей отсчитывается (и записывается) значение максимальной скорости за время между прошедшим и текущим измерениями, затем нажимают кнопку на указателе и отсчитывают значение мгновенной скорости, по указателю средней скорости отсчитывают ее значение, и, наконец, нажимают кнопку под указателем направления и по указателю отсчитывают направление ветра (если в это время включается цепь согласования сельсинов средней скорости, слышны щелчок якоря реле, легкое гудение генератора питания и запитанных сельсинов, следует переждать несколько секунд, так как линия направления отключена и нажатием кнопки она не включается).

**Анеморумбограф М-64** предназначен для измерения и регистрации мгновенных, средних (с периодом осреднения 10 мин) и максимальных значений скорости ветра и направления ветра. Он состоит из датчика, регистратора, блока питания и соединительного кабеля. По принципу действия анеморумбограф М-64 мало отличается от анеморумбометра М-63. Датчик анеморумбографа отличается от датчика анеморумбометра (рис. 8.30) в основном тем, что в нем в качестве сельсинов-датчиков средней скорости и направления применяются сельсины БС-13 (в анеморумбометре БС-2) и поэтому он специального описания не требует. Применение сельсинов-датчиков БС-13 в сочетании с

сельсинами БС-2, расположенными в регистраторе, необходимо, так как осуществление регистрации требует достаточно больших усилий, которые не могут развить сельсины БС-2, работающие в индикаторном режиме. В анеморумбографе сельсины БС-13 и БС-2 работают в трансформаторном режиме, их согласование осуществляется реверсивным двигателем, одновременно перемещающим указатель и регистрирующее перо. Блок питания тот же, что и в анеморумбометре М-63. При использовании его в комплекте анеморумбографа тумблер  $B_5$  (рис. 8.37) устанавливают в положение «М-64».

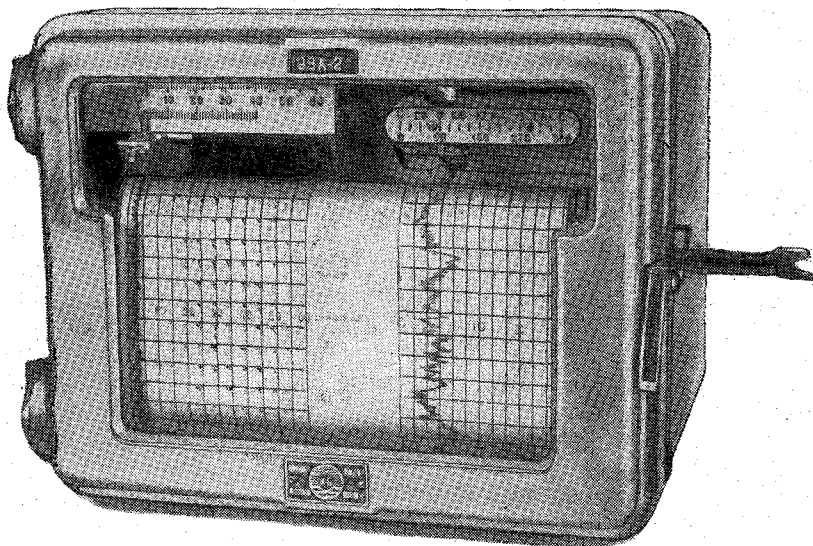


Рис. 8.35. Анеморумбограф М-64.

Регистратор (рис. 8.35) размещен в металлическом корпусе с остекленной передней дверцей; на лицевой стороне прибора под стеклом дверцы находятся шкалы с указателями, перья и видна лента с записью. Здесь же находятся лампочки подсветки шкал и микровыключатель для их включения, индикаторная лампочка наличия питания от сети переменного тока и микровыключатель для контроля положения нуля механизма средней скорости. На задней стенке корпуса расположены гнезда штепсельных разъемов для подключения датчика и блока питания и гнезда 1—12 (рис. 8.37) для подключения контрольных электроизмерительных приборов при проверке режимов работы отдельных узлов и блоков регистратора.

Регистратор содержит ряд самостоятельных механизмов: механизм регистрации мгновенной и максимальной скоростей,

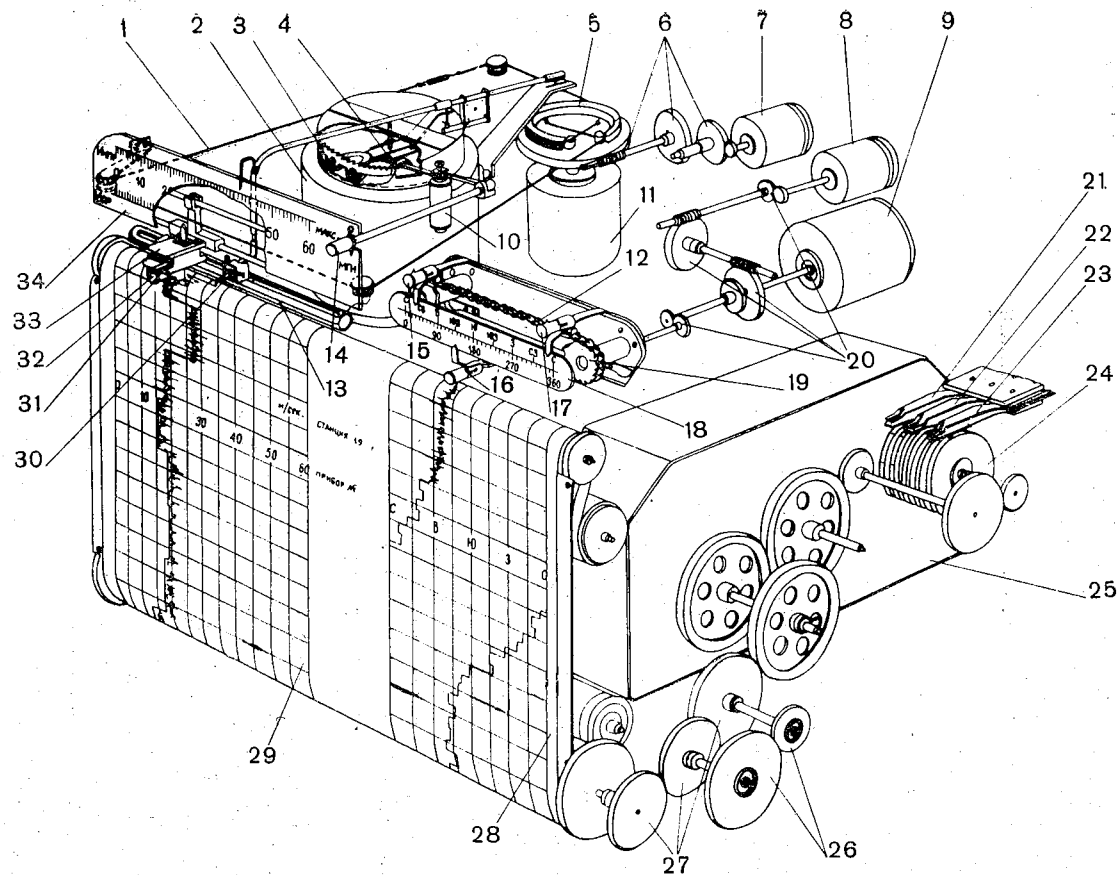


Рис. 8.36. Кинематическая схема регистратора М-64.

механизм регистрации средней скорости, механизм регистрации направления ветра, часовой механизм с системой кулачков и контактов управления работой анеморумбографа и лентопротяжный механизм (приводимый в действие часовым механизмом). В регистраторе расположен также преобразователь постоянного тока в переменный частотой 400 *гц*.

Механизм регистрации мгновенной и максимальной скоростей ветра состоит из головки пишущего миллиамперметра 2 (*ИП<sub>1</sub>*) (рис. 8.36 и 8.37) со спрямляющим устройством, позволяющим производить запись по шкале в прямоугольных координатах, устройства для фиксации максимальных значений скорости, аналогичного по принципу действия устройству, примененному для этой цели в М-63, и рычага фиксатора 19 для установки вида записи мгновенной скорости. Для отсчета положения стрелки имеется общая шкала для мгновенной и средней скоростей. Этот механизм может обеспечить:

- 1) непрерывную регистрацию значения мгновенной скорости ветра (рис. 8.38 *а*),
- 2) регистрацию значений мгновенной скорости, превышающих значение текущей средней скорости ветра (рис. 8.38 *б*),
- 3) регистрацию значений максимальной скорости ветра за каждую 10-минутку (рис. 8.38 *в*).

При работе прибора напряжение от тахогенератора *М<sub>1</sub>* датчика (рис. 8.37) после выпрямления на мостике *Д<sub>1</sub>—Д<sub>4</sub>* поступает на регистрирующий миллиамперметр<sup>1</sup> 2 (*ИП<sub>1</sub>*), который пером 30 осуществляет запись на левом участке ленты 29.

Устройство для фиксации значений максимальной скорости ветра состоит из подвижного храпового сектора 3, укрепленного на рычаге-противовесе подвижной рамки, и собачки 4. При непрерывной регистрации мгновенной скорости собачка 4 отводится вручную арретиром 14 и остается в таком положении постоянно.

Для записи значений только мгновенной скорости ветра, превышающих значение средней скорости, на каретке 33 имеется рычажок 31, который в определенном положении ограничивает движение пера мгновенной скорости 30, не давая ему перемещаться ниже (левее) линии средней скорости.

При регистрации максимальных значений скорости ветра за каждую 10-минутку электромагнит 10 (*ЭМ<sub>2</sub>* на рис. 8.37) управляет отводом собачки 4 в конце каждой 10-минутки (на 3 *сек*). Электромагнит включается контактами часового механизма 25.

Для непрерывной регистрации мгновенной скорости (рис. 8.38 *а*) рычажок 31 на каретке 33 нужно повернуть вправо до отказа. При этом упор рычажка 31 отойдет в сторону и даст

---

<sup>1</sup> Используемый миллиамперметр имеет несколько отводов от рамки. Для большей эффективности используются два участка рамки.



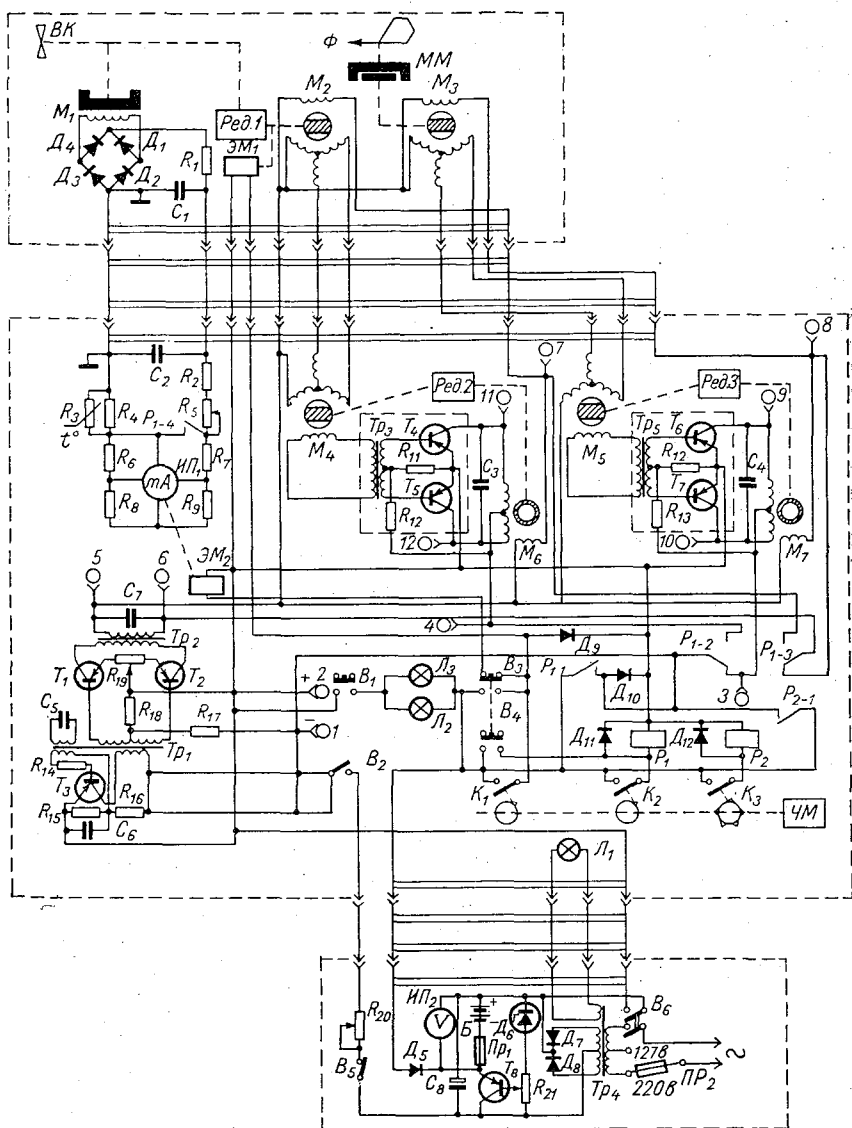


Рис. 8.37. Принципиальная электрическая схема М-64.

возможность перу 30 записать все значения мгновенной скорости. При регистрации мгновенной скорости рычажок 31 поворачивается влево. При этом упор станет на пути движения пера 30 и не даст ему опуститься ниже значений средней скорости. В обоих случаях арретир 14 должен быть переключен в положение «мгновенная», при котором собачка 4 отведена от храпового сектора 3.

При регистрации максимальных значений скорости ветра (рис. 8.38 в) арретир 14 необходимо переключить в положение «максимальная», при котором собачка 4 будет соприкасаться с храповым сектором 3. В этом случае в течение 10-минутного интервала перо 30 будет иметь возможность двигаться только в сторону роста скорости. В конце каждой 10-минутки электромагнит 10 ( $\mathcal{M}_2$  на рис. 8.37), включаемый кулачком 24 (контакт 21,  $K_1$ ) часового механизма 25 ( $\mathcal{M}$ ), отводит собачку 4 от сектора 3 и перо 30 устанавливается на значении мгновенной скорости ветра в данный момент. Чернила к перу 30 поступают через капиллярную трубку из корытообразной чернильницы 13, расположенной вдоль движения пера 30.

Механизм регистрации средней скорости состоит из сельсина-приемника 11 ( $M_4$ ), усилителя и серводвигателя 7 ( $M_6$ ), механически связанного через редуктор 6 с сельсином 11 и с кареткой 33 пера 32. Каретка перемещается по направляющим и механически связана с помощью тросика 1 и шкива 5 с осью ротора сельсина.

Выработка средней скорости ветра производится в датчике точно так же, как и в анеморумбометре М-63, — в виде угла поворота ротора сельсина-датчика. Дистанционная же передача этого угла к регистратору и привод в действие регистрирующего пера 32 в анеморумбографе осуществляются при помощи следящей системы на бесконтактных сельсинах типа БС-2, включенных в трансформаторном режиме. Для отработки угла рассогласования сельсина-приемника  $M_4$  с сельсином-датчиком  $M_2$  используется двухфазный индукционный маломощный двигатель 7 (ДИД-0,6) ( $M_6$  на рис. 8.37).

При наличии рассогласования между сельсинами  $M_2$  и  $M_4$  на вторичной обмотке сельсина-приемника  $M_4$  возникает напряжение рассогласования, которое подается на вход двухтактного усилителя, собранного на транзисторах  $T_4$  и  $T_5$ . С выхода усилителя напряжение рассогласования подается на управляющую обмотку двигателя  $M_6$ ; двигатель 7 начинает вращаться и через редуктор 6 (Ред. 2) вращать ротор сельсина-приемника 11 ( $M_4$ ) до тех пор, пока он не согласуется с сельсином-датчиком  $M_2$ . После согласования на вторичной обмотке сельсина  $M_4$  напряжение станет равным нулю и двигатель остановится. Вместе с ротором сельсина-приемника 11 вращается шкив 5, который при помощи тросика 1 перемещает каретку 33 с пером 32, осуществляя таким образом регистрацию средней скорости.

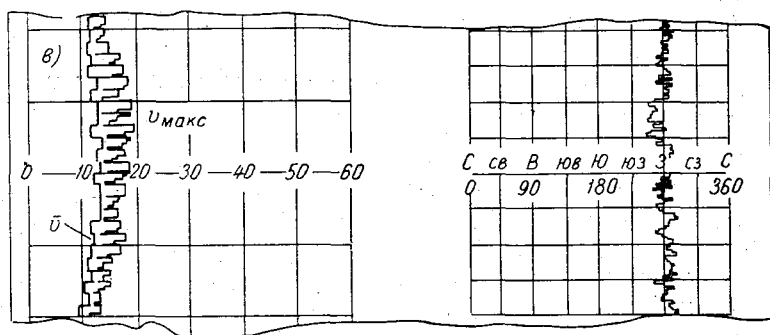
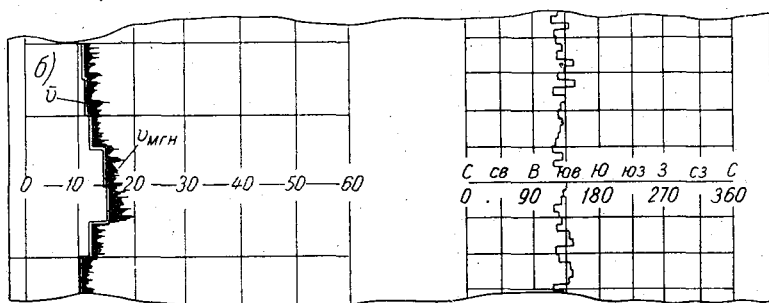
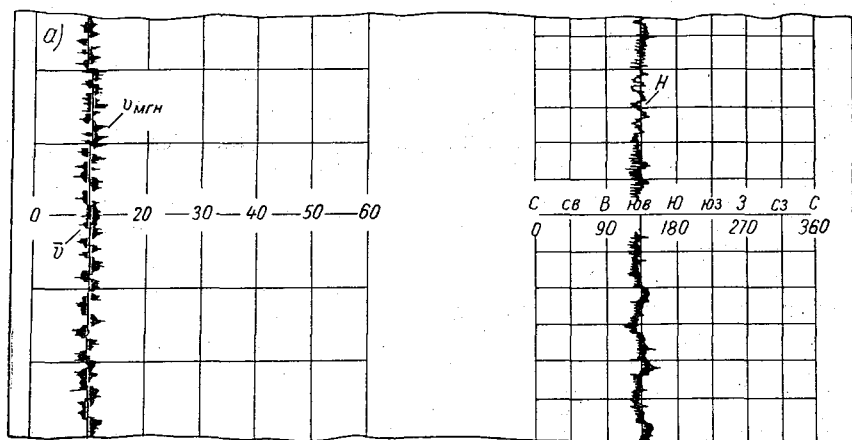


Рис. 8.38. Виды регистрации с помощью М-64.

а — в режиме непрерывной регистрации направления ветра со скоростью протяжки 120 мм/час, б — в режиме дискретной регистрации направления ветра со скоростью протяжки 120 мм/час, в — в режиме дискретной регистрации направления ветра со скоростью 60 мм/час, г — со скоростью 20 мм/час.

Питание сельсинов БС-2 и двигателей ДИД-0,6 осуществляется от преобразователя постоянного тока в переменный 400 гц. Преобразователь выполнен по схеме одноконтного автогенератора на транзисторе П203 ( $T_3$ ) с последующим усилением генерируемого переменного напряжения по мощности на двухтактном усилителе, построенном на двух транзисторах П203 ( $T_1$  и  $T_2$ ).

Выработка и регистрация средней скорости происходят циклично каждые 10 мин в следующей последовательности.

В течение 9 мин 45 сек происходит набор средней скорости. Ротор сельсина-датчика  $M_2$  за этот период поворачивается из исходного (нулевого) положения на угол, пропорциональный среднему значению скорости ветра за этот промежуток времени. Все это время механизм регистрации средней скорости находится в обесточенном состоянии (следовательно, и в неподвижном). По истечении 9 мин 45 сек от начала цикла часовой механизм ЧМ замыкает на 5—8 сек контакты 22 ( $K_2$ ), через которые подается напряжение на реле  $P_1$ . Через его контакты  $P_{1-1}$  подается питание на преобразователь постоянного тока в переменный. Одновременно через нормально разомкнутую пару контактов  $P_{1-2}$  подается питание постоянного тока на усилитель узла средней скорости, а через нормально разомкнутую пару  $P_{1-3}$  подается питание переменного тока 400 гц с преобразователя на сельсин  $M_2$  и двигатель  $M_6$ .

Двигатель  $M_6$  согласует сельсины  $M_4$  и  $M_2$ , одновременно перемещает каретку 33 и перо 32, устанавливая его по шкале на значение выработанной средней скорости. Через 5—8 сек контакт  $K_2$  размыкается, обесточивая механизм средней скорости ветра. Каретка 33 и перо 32 остаются в положении, соответствующем средней скорости за истекшую 10-минутку, в течение всей следующей 10-минутки, пока не выработается новое значение средней скорости ветра.

Через 1—3 сек контакты  $K_1$  подают на 3—4 сек питание на электромагнит ЭМ<sub>1</sub> и ротор сельсина-датчика  $M_2$  займет исходное положение. После размыкания контакта  $K_1$  начинается новый 10-минутный цикл.

Перемещение пера при согласовании сельсина  $M_2$  с  $M_4$  каждый раз происходит на величину, пропорциональную разности между двумя значениями средней скорости за текущий и предыдущий 10-минутный интервалы. Периодически следует проверять нуль средней скорости, т. е. проверять, устанавливается ли перо у нуля шкалы при начальном положении ротора сельсина-датчика. Для этой цели служит двоянный микропереключатель  $B_3$ — $B_4$ , с помощью которого подается питание на электромагнит датчика ЭМ<sub>1</sub>, чем освобождается ротор сельсина-датчика (подробнее см. описание М-63).

Механизм регистрации направления ветра состоит из сельсина-приемника 9 ( $M_5$ ), усилителя (на триодах  $T_6$ ,  $T_7$ ) с серво-

двигателем 8 ( $M_7$ ) и редуктором 20, соединенных так же, как на схеме включения этих элементов в механизме средней скорости ветра. Выходная ось редуктора оканчивается звездочкой 19, приводящей в движение замкнутую цепочку 12 с тремя перьями и тремя указателями 15, 16 и 17, закрепленными на цепочке на равном друг от друга расстоянии. (Цепочка натянута на двух звездочках. Одна насажена на выходной оси редуктора, вторая может свободно вращаться на оси). Регистрация направления осуществляется на участке ленты 28.

При полном обороте ротора сельсина 9 ( $M_5$ ) (что соответствует изменению направления ветра на  $360^\circ$ ) цепочка переместится на треть своей длины, при этом все перья переместятся на полную длину шкалы 18 и положение нижнего пера на шкале займет соседнее (находящееся справа или слева в зависимости от направления вращения сельсина) положение. Такая система расположения перьев на цепочке позволяет осуществлять регистрацию направления ветра в прямоугольных координатах без скачкообразной записи у краев шкалы.

Для отсчетов направления ветра имеется шкала, вдоль которой перемещаются указатели, закрепленные на цепочке.

Регистрация направления ветра может осуществляться в двух режимах:

- 1) в режиме непрерывной регистрации направления ветра (рис. 8.38 а),
- 2) в режиме дискретной регистрации направления в течение 5 сек через каждые 2 мин (рис. 8.38 б, в).

При непрерывной регистрации направления питание механизму подается постоянно, при дискретной регистрации питание включается на 5 сек (часовым механизмом). Переключение из одного режима в другой производится тумблером  $B_2$ .

При непрерывной регистрации направления тумблер  $B_2$  устанавливается в положение «Непрерывная», при этом на преобразователь и усилитель непрерывно подается питание от выпрямителя (за исключением момента отработки серводвигателя средней скорости, когда реле  $P_2$  переключает питание от преобразователя на серводвигатель и сельсины средней скорости).

В этом случае при изменении направления ветра, когда флюгарка изменяет положение ротора сельсина-датчика  $M_3$ , на вторичной обмотке сельсина  $M_5$  возникнет напряжение (рассогласование), которое через усилитель подается на серводвигатель  $M_7$ . Двигатель начнет вращаться и через редуктор поворачивать ротор сельсина  $M_5$  до момента согласования сельсинов (когда напряжения рассогласования станут равными нулю). Одновременно звездочка 12 переместит цепочку и вместе с ней переместятся перья и указатели.

Следящий привод механизма направления имеет значительную постоянную времени отработки, что главным образом достигается большим передаточным числом редуктора (*Ред. 2*). Это сделано с целью некоторого сглаживания записи направления, так что кратковременные изменения направления не регистрируются (серводвигатель через редуктор не успевает согласовать положения ротора сельсина  $M_5$  с положением ротора сельсина  $M_3$ ).

Дискретная регистрация направления, когда тумблер  $B_2$  находится в положении «Дискретно», производится только во время, когда кулачок часового механизма замыкает на 5 сек контакт  $K_3$ , подавая питание на реле  $P_2$ , которое замыкает нормально разомкнутые контакты  $P_{2-1}$  и подает питание на преобразователь и усилитель серводвигателя узла направления (через нормально замкнутые контакты  $P_{2-2}$ ). От преобразователя напряжение поступает через нормально замкнутые контакты  $P_{1-3}$  на сельсины  $M_3$  и  $M_4$  и серводвигатель  $M_7$ . В дальнейшем согласование сельсинов  $M_3$  и  $M_4$  происходит так же, как при непрерывной регистрации направления.

Часовой механизм 25 управляет работой анемомумбографа, включая на определенные отрезки времени отдельные узлы и блоки, как это предусмотрено циклом выработки средней скорости ветра, и каждые 2 мин включая на 5 сек механизм направления. Это осуществляется с помощью кулачков 24 и контактов 21, 22 и 23 (соответственно  $K_1—K_3$  на рис. 8.37).

Кроме того, часовой механизм играет роль синхронного двигателя (силового привода) лентопротяжного механизма.

Силовая пружина часового механизма заводится ключом. Один полный завод обеспечивает нормальную работу часового механизма (и анемомумбографа в целом) в течение 26 час.

Лентопротяжный механизм рассчитан на протяжку ленты без перфорации шириной 230 мм и длиной 12 м, свернутой в рулон; в движение его приводит (через редуктор 27 и сменные колеса 26) часовой механизм 25. В зависимости от сочетания установки сменных колес 26 протяжка ленты может осуществляться со скоростью 20, 60 или 120 мм/час.

Рулон ленты устанавливается в гнезде на упорах. Конец ленты продвигается двумя металлическими роликами и наматывается на съемный ролик, вращаемый с помощью фрикционной передачи (что обеспечивает плотную намотку ленты и ее равномерную натяжку независимо от того, какая часть ленты намотана на ролик и какая находится в рулоне).

Лентопротяжный механизм съемный, что удобно при смене рулона ленты и заправке ленты в механизм.

Датчик анемомумбографа устанавливается на мачте М-82 (или мачте другого типа) или на столбе на высоте 10 м. Регистратор и блок питания устанавливаются в помещении. Датчик может быть удален от регистратора на расстояние до 150 м.

Анеморумбограф обеспечивает измерение и регистрацию мгновенной скорости ветра в пределах от 1,5 до 60 м/сек с точностью  $\pm (1,0 + 0,05 v)$  м/сек, максимальной скорости в пределах от 3 до 60 м/сек с точностью  $\pm (1,0 + 0,07 v)$  м/сек, средней скорости в пределах от 1 до 40 м/сек с точностью  $\pm (0,5 + 0,05 v)$  м/сек и направления ветра от 0 до 360° с точностью  $\pm 10^\circ$ .

Запись анеморумбографа читается в измеряемых единицах без предварительной обработки.

**Анемометр сигнальный (М-95).** Нормальная эксплуатация некоторых объектов и сооружений, как, например, подъемных кранов различных конструкций, возможна только до определенных значений скорости ветра. Работа объектов при скоростях ветра, превышающих эти максимальные значения в продолжение определенного отрезка времени, может привести к авариям (кратковременные порывы даже значительной скорости могут оказаться безопасными).

Анемометр сигнальный предназначен для измерения скорости ветра и автоматической сигнализации о возникновении порывов ветра, опасных по величине и продолжительности. При опасной ситуации анемометр автоматически включает аварийнозащитные устройства объекта.

Анемометр состоит из датчика скорости ветра и пульта (рис. 8.39).

Датчик устанавливается на мачте или кронштейне вблизи объекта или непосредственно на объекте, пульт — в помещении, в кабине крана и т. п.

Датчик и пульт с помощью штепсельных разъемов соединяются между собой двухжильным экранированным кабелем.

На рис. 8.40 показана принципиальная схема анемометра.

Чувствительным элементом датчика является трехчашечная вертушка, а преобразователем — тахогенератор, аналогичный применяемому в анеморумбометре М-47. Чашки вертушки могут изготавливаться как обычной конической формы, так и в виде открытых полуцилиндров. Вертушка с полуцилиндрами имеет несколько худшие аэродинамические характеристики, но зато она значительно меньше подвержена воздействию мокрого снега, что при использовании анемометров в ряде районов имеет первостепенное значение.

Измерительное устройство пульта состоит из выпрямителя и указывающего прибора (микроамперметра). Выпрямитель собран на диодах  $D_1$ — $D_4$  по мостовой схеме. Выпрямленное напряжение тахогенератора подается на указатель и через диод  $D_5$  на сопротивление  $R_3$ .

Сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  служат для ограничения и регулировки тока через прибор, а конденсатор  $C_1$  — для сглаживания пульсаций напряжения на указателе.

Помимо измерительного устройства, пульт содержит индикаторное и исполнительное устройства, а также блок питания.

Индикаторное устройство представляет собой реле напряжения на полупроводниковых триодах  $ПП_1$  и  $ПП_2$ , отрегулированное так, чтобы оно срабатывало только при таком сигнале на выходе, который соответствует (по напряжению) допустимой (заданной) скорости ветра. Величина этой скорости (напряжения) устанавливается потенциометром  $R_7$  и может изменяться при регулировке прибора. Индикатором появления порывов ветра установленной скорости служит лампочка  $L_1$  (момент ее зажигания).

Исполнительное устройство представляет собой реле времени, выполненное на триоде  $ПП_3$ . Выдержка времени данного реле устанавливается с учетом такой продолжительности времени действия ветровой нагрузки, которая является безопасной для данного объекта. Эта выдержка устанавливается при помощи переменного сопротивления  $R_{12}$  во время регулировки прибора.

Индикатором возникновения опасной для объекта скорости ветра является лампочка  $L_2$  (в момент ее зажигания).

Блок питания, состоящий из трансформатора  $Tr_1$  и двух мостовых выпрямителей на диодах  $D_8-D_{11}$  и  $D_{12}-D_{15}$ , обеспечивает питание схемы постоянным напряжением соответственно 26 и 13 в. При включенном питании горит сигнальная лампочка  $L_3$ .

В исходном положении, когда скорость ветра ниже предельной, триод  $ПП_1$  полностью открыт, так как на его базу с потенциометра  $R_6$  подается отрицательное напряжение, стабилизированное стабилитроном  $D_6$ . При этом триод  $ПП_2$  заперт положительным напряжением на базе, которое равно падению напряжения на опорном диоде  $D_7$ .

При возникновении порывов ветра предельно допустимой скорости на выходе выпрямителя  $D_1-D_4$  создается напряжение, равное падению напряжения на сопротивлении  $R_3$ , и так как они приложены встречно, то триод  $ПП_1$  запирается и открывается триод  $ПП_2$ . В этот момент срабатывает реле  $P_1$  и включает контактом  $P_{1-1}$  сигнальную лампочку  $L_1$  (с желтым фонарем), а контактом  $P_{1-2}$  замыкает цепь заряда конденсатора  $C_3$ .

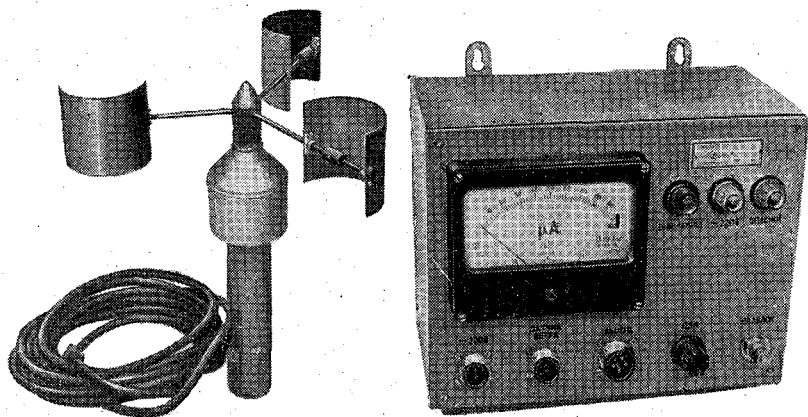


Рис. 8.39. Сигнальный анемометр.

По мере заряда конденсатора  $C_3$  напряжение на стабилитроне  $D_{16}$  начнет расти. Если при этом длительность порывов ветра меньше выбранной выдержки реле времени (хотя порывы ветра и достигают предельной скорости), то реле  $P_1$  отпустит и разомкнет контакт  $P_{1-2}$  раньше, чем сработает реле  $P_2$ . Дальнейшая зарядка конденсатора  $C_3$  прекращается, и реле  $P_2$  сработать не может.

Если же предельная величина скорости ветра достаточно устойчива во времени, то по мере заряда конденсатора  $C_3$  напряжение на стабилитроне  $D_{16}$  увеличивается и по истечении выбранного интервала времени наступает пробой стабилитрона и срабатывает реле  $P_2$ .

При этом контактом  $P_{2-1}$  включается сигнальная лампочка  $L_2$  с красным фонарем, контактом  $K_{2-2}$  отключается напряжение с обмотки командного реле  $P_3$  и с помощью контакта  $K_{2-3}$  реле  $P_2$  становится на самоблокировку. Реле  $P_3$  отпускает и при этом замыкаются контакты  $P_{3-3}$  и  $P_{3-4}$ , которыми может быть включена звуковая (или любая другая) сигнализация, и размыкаются контакты  $P_{3-1}$  и  $P_{3-2}$ , разрывая цепь питания устройства аварийной защиты обслуживаемого объекта, которая в обычное время должна обязательно находиться под током.

Если в дальнейшем скорость ветра уменьшится, то связанное с этим падение напряжения, подаваемого тахогенератором датчика, приведет к тому,



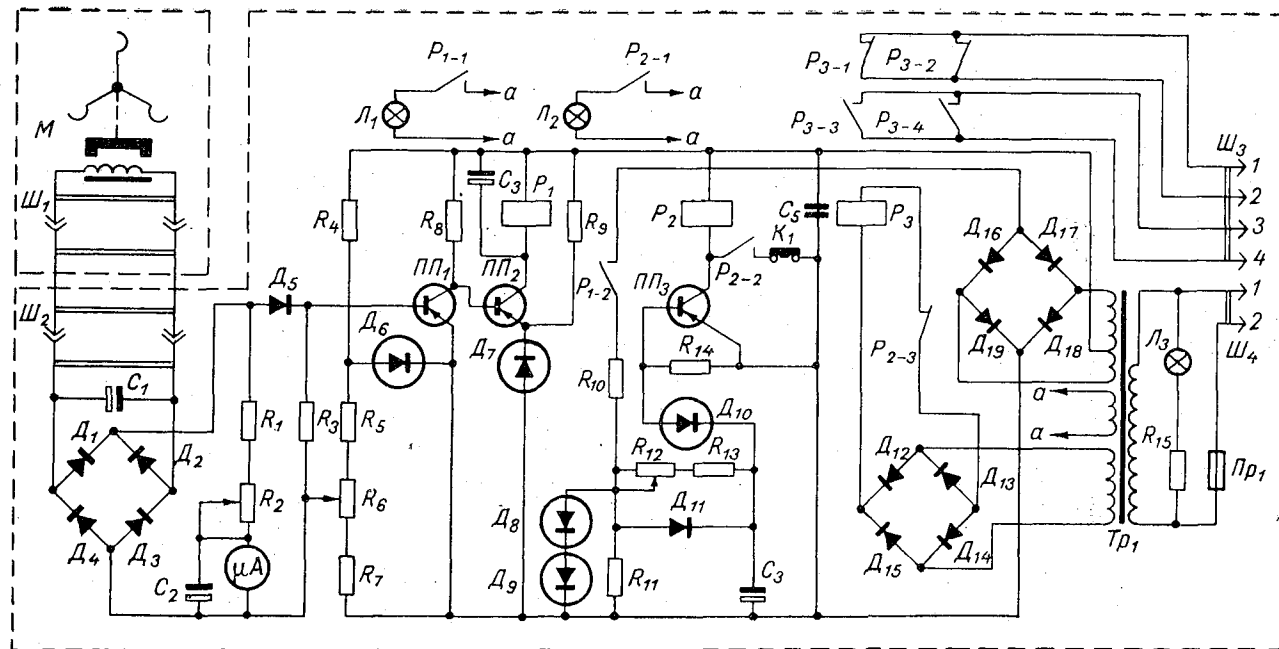


Рис. 8.40. Принципиальная электрическая схема сигнального анемометра.

что отпустит только реле  $P_1$ , а реле  $P_2$  останется на самоблокировке. Разблокировка  $P_2$  производится нажатием кнопки  $K_1$  (только в том случае, если скорость ветра в заданном интервале времени будет меньше допустимой), после чего пульт приводится в исходное рабочее положение.

Измерительный пульт прибора (рис. 8.39) смонтирован в металлическом корпусе. На лицевой панели расположен указатель, шкала которого градуирована в  $м/сек$ . На этой же панели расположены индикаторные лампочки, кнопка блокировки реле  $P_2$ , колодки штепсельных разъемов и держатель предохранителя. Внутри корпуса на плате смонтированы блок питания и измерительное, индикаторное и исполнительное устройства. На задней стенке имеются два отверстия для подвеса пульта. Пульт может быть также установлен на столе или полке.

С помощью анемометра М-95 скорость ветра может измеряться в пределах от 2 до 50  $м/сек$  с точностью  $\pm(1 м/сек + 5\%$  измеряемой скорости).

Порог срабатывания сигнального устройства может устанавливаться (задаваться) в пределах от 10 до 40  $м/сек$ , допустимая продолжительность порывов ветра, при которых происходит срабатывание исполнительного устройства, может устанавливаться (задаваться) в пределах от 0,5 до 5,0  $сек$ .

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220  $в$  с частотой 50  $гц$ .

## ГЛАВА 9.

### ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ

Характеристика облачности нужна синоптикам для получения данных о текущей погоде, для прогностических целей, а также для оперативных целей при обслуживании авиации. На станциях в соответствии с Наставлением определяется количество, форма и высота (нижней границы) облаков.

Количество облаков определяется визуально по степени закрытости небосвода в баллах (от 0 до 10). Форма облаков также определяется визуально в соответствии с Атласом облаков. Высота облаков опытными наблюдателями может определяться визуально, однако этот способ является ненадежным.

Данные о высоте нижней границы облаков имеют большое значение для обеспечения авиации, особенно в районах аэродромов (над взлетно-посадочной полосой в момент посадки). При низкой облачности эта высота должна определяться с возможно большей точностью.

Для определения высоты используются шары-пилоты, прожекторные установки и специальные оптико-электронные дальномеры.

**Определение высоты нижней границы облаков с помощью шаров-пилотов.** Нижняя граница облаков может быть определена как в светлое, так и в темное время суток при помощи шаров-пилотов, выпускаемых в свободный полет. Шар-пилот представляет собой небольшой резиновый шар, наполненный водородом. В свободном полете шар-пилот испытывает действие силы, направленной вверх и равной весу воздуха, вытесняемого наполненным шаром, и силы веса оболочки и водорода, наполняющего эту оболочку, направленной вниз. Если первая сила превышает вторую, то появляется «свободная» подъемная сила шар-пилота, которая заставляет его подниматься вертикально вверх.

Скорость подъема шара определяется по формуле

$$w = 60a\pi \frac{\sqrt{A}}{C} \text{ м/мин},$$

где  $a$  — числовой коэффициент ( $a = 16,5$  при  $A \leq 140$ ,  $a = 18,9$  при  $A = 210$ ),  $A$  — свободная подъемная сила шара,  $C$  — длина его окружности.

Для облегчения вычисления вертикальной скорости шара-пилота имеются специальные таблицы.

Наблюдая в теодолит или в бинокль за шаром-пилотом, выпущенным в свободный полет, определяют по секундомеру, через сколько минут после выпуска шар начнет туманиться в облаках. Зная вертикальную скорость подъема шара  $w$  и время, протекшее с момента его выпуска до вхождения в облака, и считая  $w$  постоянным, можно определить высоту нижней границы облаков по формуле

$$H = w\tau, \quad (9.1)$$

где  $H$  — высота нижней границы облаков в метрах,  $w$  — вертикальная скорость шара-пилота в  $\text{м/мин}$ ,  $\tau$  — время в минутах.

При наблюдениях в темное время суток пользуются легким бумажным фонариком с зажженной свечой, прикрепляемой на шнурке к шару-пилоту перед его выпуском в свободный полет. В этом случае при определении вертикальной скорости нужно предварительно вычесть из подъемной силы шара-пилота вес фонарика. Кроме того, полученную из таблиц вертикальную скорость следует уменьшить до 6% для учета сопротивления, испытываемого фонариком при подъеме.

Метод определения нижней границы облаков с помощью шаров-пилотов достаточно прост, применяется при условии сплошной и значительной облачности. Не следует выпускать шар-пилот при облачности менее 5 баллов и при направлении ветра, уносящего шар в сторону, противоположную облакам. Недостатком этого метода является большая продолжительность измерения (включая процесс подготовки шара-пилота к выпуску).

**Определение высоты облаков с помощью прожекторной установки.** В темную часть суток высоту облаков можно определять с помощью прожекторной установки. Для этой цели луч прожектора направляют вертикально вверх на облака, а из пункта, расположенного на некотором расстоянии  $L$  от прожектора, с помощью теодолита определяют угол, под которым видно пятно на облаках от луча прожектора.

Пусть в  $A$  (рис. 9.1) находится прожектор, лучи которого имеют направление  $AC$  и составляют с горизонтом угол  $90^\circ$ . В точке  $B$ , находящейся выше прожектора (например, на вышке), расположен визир, труба которого направлена на освещенное

прожектором пятно на облаках. Высота облаков  $H = h_1 + h_2$  определяется на основании рис. 9.1 по формуле

$$H = L \operatorname{tg} \beta + h_1. \quad (9.2)$$

Для измерения высоты облаков используется установка ПИ-45-1, состоящая из прожектора (рис. 9.2 а) и визира (рис. 9.2 б).

Прожекторная установка ПИ-45-1 может питаться от сети переменного тока 127 и 220 в и от источника постоянного тока 24 в. Внутри кожуха прожектора 1 имеется параболическое зеркало, в фокусе которого находится электролампа достаточно большой мощности (340 вт). Кожух прожектора, закрытый сверху защитным стеклом 2, укреплен на тумбе 3, которая устанавливается на бетонном фундаменте. При помощи трех винтов, имеющих в основании тумбы 3, прожектор устанавливается по уровню, что обеспечивает строго вертикальное направление луча света прожектора.

Внутри тумбы 3 расположены трансформаторы, реле и колодка с клеммами и переключателями для разных источников электропитания. Для доступа внутрь тумбы 3 имеется отверстие, закрываемое крышкой 4.

В нерабочем состоянии прожектор закрывается сверху металлической крышкой. Включение прожектора производится на расстоянии, с места установки визира. Визир состоит из зрительной трубы 5, жестко связанной с лимбом 6, через шестерню которого рукояткой 7 осуществляется поворот трубы 5 в вертикальной плоскости.

На половине окружности лимба нанесены деления от 0 до 180°. Угол поворота зрительной трубы 5 определяется по положению шкалы лимба у индекса 8. Для освещения шкалы имеется лампочка, которая при наводке визира на световое пятно облака закрывается колпаком 9. Визирное устройство смонтировано на корпусе.

У основания корпуса имеются винты, с помощью которых визир устанавливается по уровню 10. Визир, так же как и прожектор, целесообразно устанавливать на бетонном основании (тумбе.) В нерабочем состоянии визир закрывается колпаком.

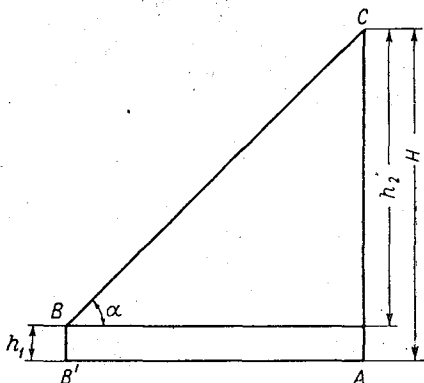


Рис. 9.1.

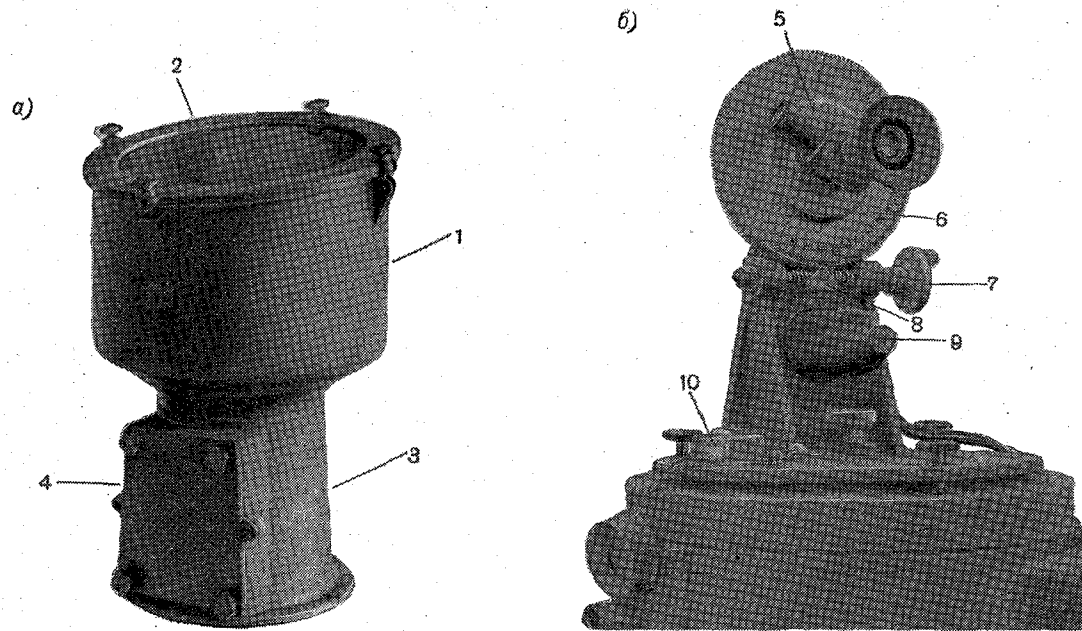


Рис. 9.2. Проекторная установка для определения высоты нижней границы облаков.

Установка визира относительно прожектора производится таким образом, чтобы прожектор находился в вертикальной плоскости, в которой происходит перемещение зрительной трубы.

Наиболее целесообразное расстояние между визиром и прожектором около 500 м.

При определении высоты облачности, наблюдая через окуляр трубы 5, рукояткой 7 направляют трубу на световое пятно, образованное на облаке лучом света прожектора, и по шкале лимба у индекса отсчитывают угол.

Так как  $h_1$  и  $L$  известны, то по формуле (9.2) или по ранее составленным таблицам определяют  $H$ .

Погрешность определения высоты облаков с помощью установок ПИ-45-1 не превосходит  $\pm 10\%$ .

Метод шаров-пилотов непригоден для успешного обслуживания авиации. Измерения по этому методу требуют затраты значительного времени, результаты измерений недостаточно точны, кроме того, в зависимости от скорости и направления ветра шар-пилот может быть отнесен на значительное расстояние от места его выпуска, из-за чего не обеспечивается измерение высоты облаков над заданной точкой (местом выхода самолета на посадку). Измерение высоты облаков с помощью прожектора может выполняться только в темную часть суток. Исходя из этого, на станциях (в первую очередь на АМСГ), которые должны обеспечивать точными данными о высоте облаков в любое время суток, применяются специальные автоматически или полуавтоматически действующие установки, являющиеся по существу дальномерами. Эти установки разрабатываются на принципах триангуляционного и светолокационного измерения дальности (высоты).

На первом принципе был разработан регистратор нижней границы облаков (РНГО) (см. «Наставление», ч. III, вып. 3). Однако из-за ненадежности конструкции он не получил широкого распространения, хотя сам принцип измерения не вызывает сомнений и в различных странах приборы этого типа успешно применяются.

На втором принципе разработаны импульсно-световые измеритель высоты нижней границы облаков (ИВО) и регистратор высоты нижней границы облаков.

**Измеритель высоты нижней границы облаков (ИВО).** Высота облака с помощью ИВО определяется по времени прохождения светового луча (светового импульса), посланного ИВО, до облака и после его отражения до ИВО (т. е. по времени между моментами послышки светового импульса от ИВО и его возвращения после отражения от облака). Высота  $h$  при этом определяется соотношением (путь луча равен  $2h$ )

$$h = \frac{c}{2} \tau,$$

где  $c$  — скорость света, равная  $3 \cdot 10^8$  м/сек;  $\tau$  — время прохождения луча в секундах.

Для  $h$ , равного 150 м,  $\tau = 10^{-6}$  сек (1 мксек).

Высокие требования, предъявляемые к точности измерения высоты облаков, вызывают необходимость измерять  $\tau$  с точностью до долей микросекунды. Это в свою очередь приводит к необходимости посылать достаточно короткие импульсы и точно фиксировать момент их прихода.

ИВО позволяет производить измерение в любое время суток при любой температуре воздуха. При сильных туманах и осадках ИВО не может работать, так как туманы и осадки отражают и рассеивают посылаемые прибором импульсы света и они до облака не доходят.

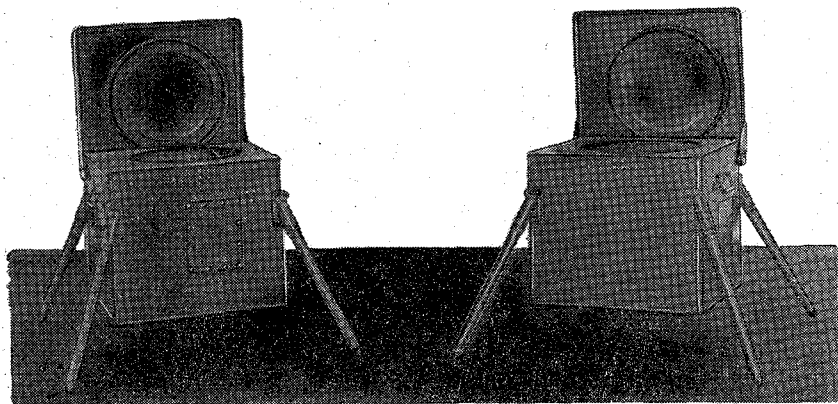


Рис. 9.3. Датчик и приемник световых импульсов ИВО.

ИВО состоит из датчика и пульта управления (с индикаторным устройством) и может дополнительно комплектоваться приставкой с выносным пультом, которая позволяет увеличить дистанционность установки от 100 м до 10 км (рис. 9.3, 9.4 и 9.5).

Датчик (рис. 9.3) состоит из двух блоков: передатчика импульсов и приемника импульсов.

В передатчике имеется импульсная газоразрядная лампа, помещенная в фокусе вогнутого зеркала, и конденсаторы цепей основного разряда и поджига лампы. В приемнике импульсов имеется фотоумножитель, катод которого расположен в фокусе вогнутого зеркала, и усилитель. Оптические элементы передатчика (зеркало и лампа) и приемника (зеркало и фотоумножитель) смонтированы на карданных подвесах, обеспечивающих при установке их самоустойчивку таким образом, что импульсы света передатчиком посылаются вверх строго вертикально, а приемник принимает отраженные от облака импульсы, фокусируя их зеркалом на фотоумножитель.



Оба блока датчика выполнены в прямоугольных (кубических) корпусах с остекленной верхней стенкой, закрывающейся крышкой. Корпуса датчиков устанавливаются на опорах, одна

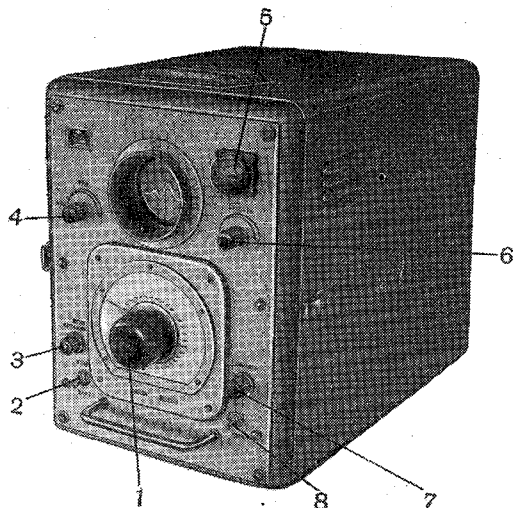


Рис. 9.4. Пульт управления с индикаторным устройством ИВО.

из которых регулируемая. Благодаря карданным подвесам оптических систем блоки датчика не требуют точной установки, для

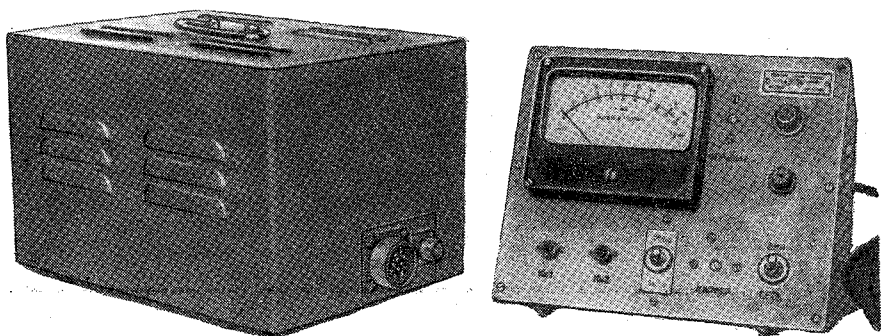


Рис. 9.5. Приставка с выносным пультом к ИВО.

того чтобы оптические оси этих систем были направлены вертикально.

В пульте управления сосредоточены органы управления от-метчика и блок питания.

Пульт управления (рис. 9.4) собран в корпусе прямоугольной формы, на передней его панели находятся рукоятки управления со шкалами и обозначениями, экран электронно-лучевой трубки, контрольный измерительный прибор (с переключателем) для измерения напряжения питания и частоты повторения импульсов и сигнальные лампочки включения питания и открывания крышек датчика. Световые импульсы излучаются передатчиком в течение некоторого времени (5—10 сек) с частотой повторения 20 гц, доходят до облака и, частично отражаясь от него вниз, попадают на зеркало приемника. В отсчетчик пульта управления

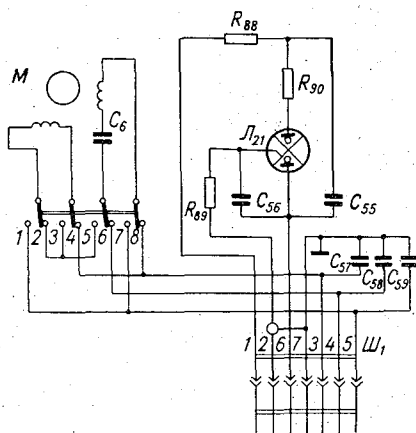


Рис. 9.6. Схема передатчиков импульсов датчика ИВО.

поступают импульсы от передатчика в моменты посылки им световых импульсов и от приемника в моменты поступления к нему световых импульсов, отраженных от облаков.

Определение времени между моментом поступления импульсов от передатчика и моментом поступления импульсов от приемника производится путем измерения расстояния между изображениями фронтов этих импульсов, получаемых на экране электронно-лучевой трубки отсчетчика времени. Так как это расстояние пропорционально времени прохождения световых импульсов до облаков и обратно, и, следовательно, высоте облаков, то шкала для измерения этого расстояния нанесена в метрах и позволяет отсчитывать непосредственно высоту облаков.

Передатчик импульсов. В качестве источника световых импульсов использована импульсная лампа  $L_{21}$  (строботрон типа ИСМ-100-3, рис. 9.6), находящаяся в фокусе зеркала. Излучение светового импульса происходит при разрядке через лампу конденсатора основного разряда  $C_{55}$ , заряженного через кабель узла питания, находящегося в пульте управления, до напряжения 4,2—4,4 кв. Конденсатор поджига  $C_{56}$  заряжается по линейному закону до 1,2—1,5 кв через кабель от узла питания. Импульсное напряжение поджига снимается с минусовой шины и по коаксиальному кабелю подается в отсчетчик для запуска развертки.

Сопровителения  $R_{88}$  и  $R_{89}$  препятствуют проникновению в отсчетчик помех, возникающих при разряде  $C_{55}$  и  $C_{56}$ . В передатчике имеется мотор  $M$  для открывания и закрывания крышки и

конденсаторы  $C_{57}$ ,  $C_{58}$  и  $C_{59}$ , служащие для уменьшения помех, возникающих в цепи питания мотора.

Импульсная лампа включается тумблером  $B_1$ , который замыкает цепь первичной обмотки трансформатора  $Tr_3$  только на время измерения (рис. 9.8). Этим же тумблером включается питание на обмотку реле  $P_1$ , которое подает питание на лампочки освещения шкалы и переключает измерительный прибор с контроля напряжения сети (которое контролируется по напряжению накала ламп) на контроль частоты следования импульсов.

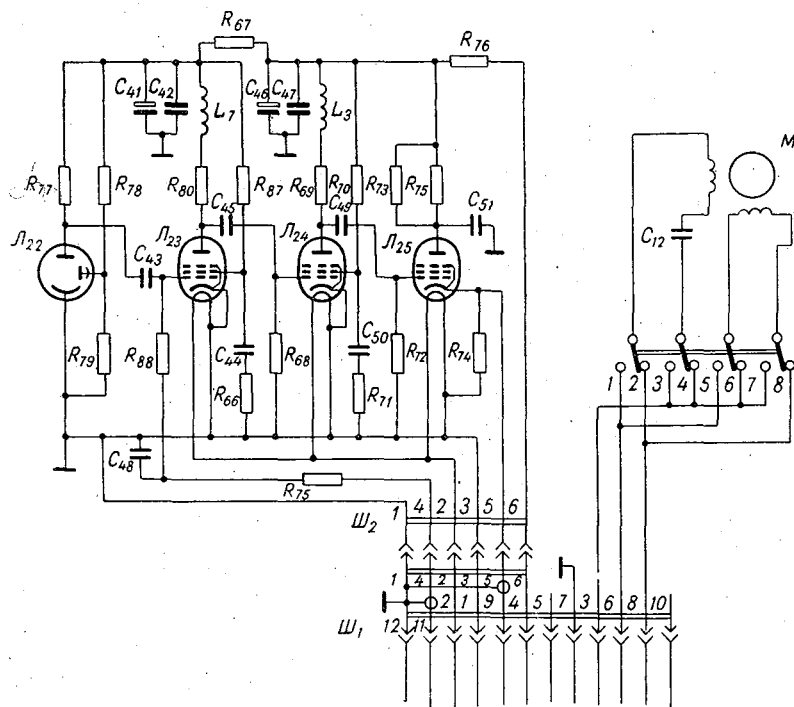


Рис. 9.7. Схема приемника импульсов датчика ИВО.

Приемник импульсов приведен на рис. 9.7. Отраженные от облаков световые импульсы попадают на фотоумножитель  $Л_{22}$  (ФЭУ-1), на сопротивлении нагрузки  $R_{77}$  которого выделяются импульсы напряжения, подаваемые на двухкаскадный усилитель с высокочастотной коррекцией, собранный на лампах  $Л_{23}$  и  $Л_{24}$  (6Ж1П). На выходе усилителя имеется катодный повторитель  $Л_{25}$ , с его катодного сопротивления  $R_{74}$  импульсы подаются в пульт управления. Схема питания мотора открывания крышки приемника аналогична схеме, примененной в передатчике.

Пульт управления (рис. 9.8). Отраженные от облаков сигналы можно наблюдать на электронно-лучевой трубке. Основные узлы пульта — усилитель, схема АРУ, генератор ждущей развертки и подсвечивающих импульсов, генератор калибровочных меток, электронно-лучевая трубка, блок питания и органы управления.

Усилитель сигналов, поступающих от катодного повторителя приемника, собран на лампах  $L_6$  (6Ж1П) и  $L_7$  (6П1П) по схеме с высокочастотной коррекцией. По коаксиальному кабелю сигнал от приемника импульсов поступает на сетку лампы  $L_6$  и с анода  $L_7$  через переключатель  $B_4$  — на отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки  $L_5$ , а через сопротивление  $R_{52}$  — на схему АРУ.

Сигналы, имеющие уровень, меньший, чем сигналы, подлежащие регулировке с помощью АРУ, не пропускаются диодом  $D_3$  (Д2Д), а сигналы, прошедшие через этот диод, конденсатором  $C_{37}$  удлиняются, затягиваются и попадают на усилитель АРУ (левая половина лампы  $L_8$ ) (6Н1П) и детектируются амплитудным детектором, собранным на правой половине  $L_8$ . Напряжение АРУ по кабелю подается в приемник на сетку первой лампы фотоприемника ( $L_{23}$ ).

Предусмотрена и ручная регулировка усиления (положение переключателя  $B_6$  «РРУ»), переход на которую осуществляется с помощью потенциометра  $R_7$ .

Генератор ждущей развертки состоит из мультивибратора на лампе  $L_1$  (6Н1П) и разрядной лампы  $L_2$  (6Ж1П). Сигнал запуска подается к пульту (отметчику) по кабелю, к которому подключены сопротивления  $R_{60}$  и  $R_{41}$  ( $R_{60}$  равно волновому сопротивлению кабеля). С сопротивления  $R_{41}$ , являющегося регулятором уровня сигнализации, импульс поступает на  $B_2$  (Д2Д), который пропускает только положительную часть запускающего сигнала. Этот сигнал запускает мультивибратор, на сопротивлении анодной нагрузки ( $R_{20}$ ) которого выделяется импульс, используемый для отпираания луча электронно-лучевой трубки на время прямого хода развертки. Отрицательный импульс, снимаемый с сопротивления  $R_{18}$ , запирает разрядную лампу  $L_2$  и начинается заряд конденсатора  $C_8$  через сопротивления  $R_{25}$  и  $R_{36}$ .

Напряжение на конденсаторе  $C_8$  используется в качестве напряжения развертки. Благодаря нелинейности тока заряда  $C_8$  (экспонента) обеспечивается примерно одинаковая относительная точность отсчета по всему диапазону измерений. Потенциометром  $R_{36}$  регулируется постоянная времени цепи заряда (длительность развертки).

Генератор калибровочных меток состоит из ударновозбуждаемого контура синусоидальных колебаний частотой 1,5 МГц на лампе  $L_3$  (6Н1П) и усилителя-ограничителя на лампе  $L_4$  (6Ж1П).

Отрицательный импульс, снимаемый с левого анода  $L_1$ ,

запирает левую половину  $L_3$ , в анодной цепи которой включен колебательный контур  $L_1$ ,  $C_{12}$  и  $C_{13}$ . При запираании этой лампы в контуре возникают затухающие синусоидальные колебания. Этот же контур является резонансным контуром генератора с индуктивной связью на правой половине  $L_3$ . Когда левая половина  $L_3$  открыта, она шунтирует контур и колебания в генераторе не возникают, когда же она закрывается, то колебания возникают. Элементы схемы подобраны таким образом, что установившаяся амплитуда этих колебаний равна начальной амплитуде ударно возбужденных колебаний. При этом колебания существуют в течение всего времени длительности импульса.

Эти колебания через переходную емкость  $C_{14}$  попадают на вход  $L_4$ . За счет сеточного тока происходит отсечка анодного тока (отсекаются нижние пики синусоиды) и выделяющиеся на сопротивлении  $R_{31}$  импульсы через переключатель  $P_4$  подаются на отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки.

Электронно-лучевая трубка  $L_5$  (типа 8ЛОЗ9) работает при следующих напряжениях: на катоде  $-2$  кВ, на втором аноде 0, на третьем аноде около  $+2$  кВ. Яркость регулируется потенциометром  $R_{15}$ , фокусировка — потенциометром  $R_{38}$ . Необходимые напряжения снимаются с делителя  $R_{44} R_{15} R_{37} R_{38} R_{39} R_5 R_4$ , включенного между 0 и  $-2$  кВ. На модуляторный электрод на время рабочего хода развертки подается положительный «подсвечивающий» импульс, отпирающий электронный луч (обычно луч заперт).

Отклоняющее напряжение подается на одну из пластин трубки, на вторую пластину напряжение подается с потенциометра  $R_{13}$ . Импульс, полученный от сигнала, отраженного от облаков, и появившийся на какой-либо части линии развертки, может быть смещен к центру экрана изменением напряжения, снимаемого с потенциометра  $R_{13}$ , до напряжения, равного напряжению, имеющемуся на конденсаторе  $C_3$ .

Таким образом, сигнал можно наблюдать всегда при нулевом отклонении электронного луча. Ось потенциометра  $R_{13}$  связана с указателем шкалы высот, проградуированной в метрах. С помощью потенциометров  $R_{40}$  и  $R_{59}$  можно регулировать пределы напряжения, снимаемого с  $R_{13}$ . Потенциометр  $R_{13}$  и выходной каскад генератора ждущей развертки питаются от одного источника напряжения, поэтому нестабильность источников питания практически не сказывается на точности измерений.

Питание прибора осуществляется от сети 127 и 220 в. Все необходимые питающие напряжения получаются от трех трансформаторов  $Tr_1$ ,  $Tr_2$ ,  $Tr_3$ .

Со вторичных обмоток трансформатора  $Tr_1$  снимаются напряжения накалов всех ламп, кроме лампы  $L_{12}$  (ГУ-4). С этого же трансформатора подается напряжение на двухполупериодный выпрямитель, собранный на лампе  $L_9$  (5ЦЗС). Выпрямленное

напряжение  $+250$  в используется в качестве анодного питания для большинства узлов схемы. Два однополупериодных выпрямителя на лампах типа  $L_{10}$  и  $L_{11}$  (2Ц2С) служат для получения напряжений, питающих трубку и схему ждущей развертки.

Трансформатор  $Tr_2$  питает находящуюся под высоким напряжением цепь накала лампы  $L_{12}$ . Лампа  $L_{12}$  работает как насыщенный диод — ее ток эмиссии определяет ток заряда конденсатора поджига и частоту повторения зондирующих импульсов. Частоту повторения импульсов можно регулировать, изменяя с помощью  $R_1$  напряжение накала лампы  $L_{14}$ . Стабильность частоты повторения импульсов обеспечивается мостовой схемой стабилизации накала, собранной на сопротивлениях  $R_2$  и  $R_3$  и барреторах  $L_{13}$ ,  $L_{14}$ ,  $L_{15}$ ,  $L_{16}$  (типа О85Б 5,5-12). Трансформатор  $Tr_3$  служит для получения высокого напряжения, питающего цепи основного разряда и поджига импульсной лампы. Выпрямленное с помощью диода  $D_5$  напряжение заряжает конденсатор  $C_{39}$  и через лампу  $L_{12}$  подается на зарядную цепь поджига. С другой стороны, через дроссель  $Dp_2$  и второй диод  $D_6$  напряжение, получающееся на  $C_{39}$  заряжает конденсатор основного поджига. Благодаря высокой добротности зарядного контура ( $Dp_2$ ,  $C_{55}$ ,  $C_{39}$ ) и наличию вентиля  $D_6$  напряжение на  $C_{55}$  достигает почти удвоенной по сравнению с напряжением на  $C_{39}$  величины.

Напряжение для питания цепей управления крышками получается с обмоток трансформатора  $Tr_4$ . Напряжение 220 в, снимаемое с обмотки этого трансформатора, подается по трем жилам кабеля в передатчик и приемник. Переключение направления вращения моторов производится с помощью тумблера  $B_3$ . Этим же тумблером включается лампочка  $L_{23}$  (МН-17), сигнализирующая, что крышки открыты.

Импульсная лампа в передатчике помещена в фокусе отражателя, диаметр которого 350 мм и фокусное расстояние 106 мм. В приемнике применен отражатель такого же диаметра, но с фокусным расстоянием 240 мм. На этом расстоянии расположена диафрагма, закрывающая фотокатод фотоумножителя  $L_{22}$  (ФЭУ-1). В одном кожухе с ФЭУ-1 помещен фотоусилитель (предварительный усилитель).

На передней панели пульта управления (рис. 9.4) находятся: общий выключатель питания аппаратуры  $B_2$  (8) и переключатель открывания и закрывания крышек  $B_3$  (2) с соответствующими им сигнальными лампочками 3, предохранитель 7, регулятор яркости свечения трубки  $R_{15}$  (6), регулятор усиления  $R_7$  (4), ручка которого совмещена с переключателем  $B_6$  («РРУ—АРУ»), контрольный прибор 5, измеряющий напряжение сети и частоту повторения импульсов, рукоятка измерительного потенциометра  $R_{13}$ , совмещенная с выключателем импульсной лампы  $B_1$  (1) и стрелкой шкалы высот, шкала с делениями ценой 20 м, оцифрованная через каждые 100 м.

Если нажать на рукоятку  $I$ , она входит в зацепление со стрелкой шкалы, жестко связанной с осью потенциометра  $R_{13}$ , и одновременно переключает возвратный тумблер  $B_1$ , который включает импульсную лампу, с помощью реле переключает измерительный прибор на измерение частоты повторения импульсов и выключает освещение измерительной шкалы.

Органы управления, с помощью которых производится периодическая проверка и подстройка аппаратуры, расположены под крышкой на боковой стенке. Такими органами являются тумблер  $B_4$  (рис. 9.8), подключающий сигнальные пластины трубки к усилителю или генератору калибровки, потенциометры регулировки масштаба развертки  $R_{36}$ ,  $R_{59}$  и  $R_{40}$ , потенциометры регулировки фокусировки  $R_{38}$  и уровня синхронизации  $R_{41}$ , потенциометр  $R_1$ , регулирующий канал лампы ГУ-4 и зависящую от него частоту повторения импульсов.

Передачик и приемник устанавливаются у взлетно-посадочной полосы у ближнего, а иногда и у дальнего привода. Располагаются они таким образом, чтобы их крышки открывались навстречу друг другу (открытые крышки защищают приемник от попадания импульсов света непосредственно от передатчика), соединяются кабелями с пультом и сетью переменного тока. Пульт устанавливается в помещении на расстоянии не более 100 м; с целью увеличения дистанции измерения к пульту подключается приставка с выносным пультом (рис. 9.5).

Приставка находится в том же помещении, что и основной пульт. Выносной пульт устанавливается в помещении, которое может быть удалено на расстояние до 10 км от датчика.

Приставка собрана на шасси и закрыта кожухом. На передней стенке шасси расположен предохранитель и выведена ось потенциометра, выполняющего роль ограничителя помех; на задней стенке укреплены штепсельные разъемы и выведена ось потенциометра регулирования баланса лампы  $L_7$  и калибровки начала шкалы указателя дополнительного пульта.

Дополнительный выносной пульт управления собран в кожухе. На передней панели кожуха находятся указывающий прибор с двумя шкалами (нижней 0—1000 м и верхней 0—2000 м), сигнальная лампочка, кнопки управления и тумблер переключения шкал.

Приставка преобразует интервал времени между моментами подачи светового импульса передатчиком и поступления его в приемник в постоянное напряжение, пропорциональное величине интервала и, следовательно, высоте облаков. Время между импульсами измеряется с помощью одnorазового мультивибратора, собранного на лампе  $L_4$  (рис. 9.9). При этом импульс передатчика используется в качестве запускающего, а импульс приемника является импульсом остановки мультивибратора. Импульс передатчика поступает непосредственно на вход мультивибратора через трансформатор  $Tr_2$ , а импульс приемника на мультивибратор — через трансформатор  $Tr_3$ , схему сравнения и усилитель (собраны на лампах  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$  и диоде  $D_1$ ).

Первый каскад измерительного блока приставки собран на лампе  $L_2$  по схеме катодного повторителя. На левой половине лампы  $L_2$  с помощью правой половины лампы  $L_1$ , выполняющей роль пикового детектора, запоминается амплитуда импульса напряжения от приемника, таким образом, на левой половине  $L_2$  получается постоянное напряжение, равное амплитуде входного импульса. Половина этого напряжения поступает на анод диода  $D_1$ ,

с помощью которого производится сравнение. На эмиттер диода  $D_1$  через правую половину лампы  $L_2$  импульс приемника поступает без изменения.

На выходе каскада напряжение появляется лишь тогда, когда диод  $D_1$  заперт, т. е. в тот момент, когда величина этого напряжения превысит значение, равное половине амплитуды пришедшего от приемника импульса.

Таким образом, независимо от амплитуды отраженного от облака импульса напряжение на выходе каскада появится лишь в момент, соответствующий середине фронта этого импульса. Это напряжение усиливается во втором каскаде на лампе  $L_3$  до уровня, превышающего не менее чем в 10 раз порог срабатывания одноразового мультивибратора. Благодаря этому момент остановки одноразового мультивибратора будет также соответствовать середине фронта отраженного от облака импульса.

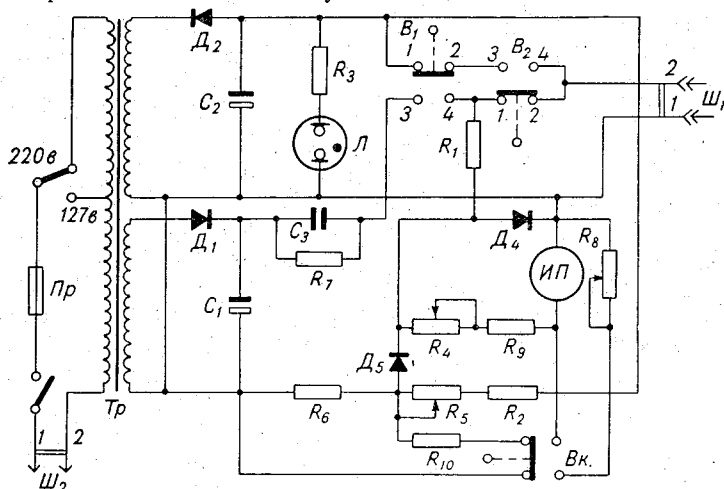


Рис. 9.10. Схема выносного пульта.

Далее прямоугольный импульс с катода мультивибратора, по длительности равный временному расстоянию между импульсами передатчика и приемника, поступает на генератор пилообразного напряжения, собранный по схеме катодно-следящего каскада на лампе  $L_5$ , обеспечивающего высокую линейность выходного напряжения.

Это напряжение с помощью правой половины лампы  $L_6$ , выполняющей роль пикового детектора, запоминается по амплитуде на левой половине лампы  $L_7$ . На лампе  $L_7$  собран балансовый каскад по схеме катодного повторителя. На выходе этого каскада образуется постоянное напряжение, прямо пропорциональное высоте облаков, которое передается по линии связи к выносному пульту управления.

Измерительная приставка питается от выпрямителя, собранного по мостовой схеме. Электронный стабилизатор напряжения, собранный по обычной схеме на лампах  $L_8$ ,  $L_9$  и  $L_{10}$ , обеспечивает высокую степень постоянства питающих напряжений.

С помощью блока реле ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ ) осуществляется автоматическое управление прибором ИВО на большом расстоянии.

С помощью реле  $P_1$  производится включение питания моторов и открывание крышек передатчика и приемника. Реле  $P_2$  включает питание прибора ИВО и измерительной приставки.

Реле  $P_4$  включает импульсную лампу на момент измерения. Реле  $P_3$  блокирует питание прибора на время, необходимое для закрывания крышек передатчика и приемника. Для этого параллельно обмотке реле  $P_2$  включен



конденсатор большой емкости, обеспечивающий затягивание времени срабатывания реле. В результате прежде, чем разомкнутся контакты реле  $P_2$ , сработает реле  $P_1$  и на обмотках двигателей механизма закрывания крышек, а следовательно, и на обмотке реле  $P_3$  появится напряжение. Это напряжение будет держаться до тех пор, пока крышки не закроются. После срабатывания концевых выключателей в приемнике и передатчике сработает реле и выключит питание прибора.

Реле  $P_5$  переключает линию связи с блока реле на выход измерительной приставки и блокирует реле  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_4$ . Реле  $P_6$  предназначено для разблокировки реле  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_4$  после измерения и для приведения системы в исходное состояние.

Работа с выносным пультом управления производится следующим образом.

При нажатии кнопки  $B_1$  (рис. 9.10) напряжение положительной полярности поступает в линию связи, а затем через нормально замкнутую группу контактов реле  $P_5$  в приставке (рис. 9.9) — на обмотки реле  $P_1$  и  $P_2$ . Реле  $P_2$  блокирует напряжение приставки и включает питание датчика. С помощью реле  $P_1$  происходит включение схемы открывания крышек приемника и передатчика и питания измерительной приставки.

Для того чтобы сработало реле  $P_4$  (приставки), необходимо нажать кнопку пульта  $B_2$  (рис. 9.10). Реле  $P_4$  включает импульсную лампу, блокирует питание реле  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$  и подает питание через сопротивление  $R_{47}$  на обмотку реле  $P_5$ , параллельно которой включен конденсатор  $C_{25}$ , в результате чего  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$  успевают заблокироваться раньше, чем сработает реле  $P_5$ .

После срабатывания реле  $P_5$  линия связи переключается на выход измерительной приставки и на измерительный прибор  $ИП$  пульта управления (рис. 9.10).

Кнопки  $B_1$  и  $B_2$  после нажатия можно сразу же отпустить, так как обмотки реле  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$  и  $P_7$  самоблокируются от источника питания приставки.

Теперь по микроамперметру ( $ИП$ ), расположенному на пульте управления и градуированному в метрах, можно определить высоту нижней границы облаков.

Не более чем через 10 сек необходимо выключить импульсную лампу датчика. Для этого достаточно снова нажать кнопку  $B_1$ . При этом реле  $P_6$  в приставке получает питание через диод  $D_{13}$ , срабатывает и размыкает свои нормально замкнутые контакты. Реле  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$  и  $P_5$  обесточиваются (благодаря конденсатору  $C_{22}$ , прежде чем разомкнутся контакты  $P_2$ , сработает реле  $P_3$  и заблокирует питание прибора на время, необходимое для закрывания крышек).

Кроме того, через контакты 6 и 7 реле  $P_3$  осуществляется сигнализация об открывании и закрывании крышек передатчика и приемника (сигнал подается на указывающий прибор).

После того как крышки закроются, концевые выключатели в приемнике и передатчике снимут питание с реле  $P_3$  и прибор  $ИП$  отключается. Реле  $P_7$  служит для включения анодного питания приставки только на момент измерения. Схема, собранная на транзисторе  $T_1$ , обеспечивает автоматическое выключение реле  $P_4$  (т. е. импульсной лампы) через 10—15 сек, если оператор забудет вовремя нажать кнопку  $B_1$ .

Левая половина лампы  $L_1$  собрана по схеме катодного повторителя и служит для согласования выходного сопротивления пульта управления прибором ИВО и входного сопротивления приставки. Левая половина лампы  $L_6$  выполняет роль электронного ключа, благодаря этому измерительная схема приставки работает лишь при наличии отраженного от облака импульса.

Приставка присоединяется к пульту с помощью кабеля и штепсельного разъема  $Ш_2$  (рис. 9.9), а также разъема с пометкой «К приставке» (рис. 9.8). Штырьки этого разъема (помечены цифрами в пунктирных кружках) проводами припаиваются в точках, обозначенных на схеме номерами, соответствующими припаиваемым штырькам (цифры в пунктирных кружках). При

перепайке схемы от переключателя  $B_3$  отпаиваются два провода (показаны пунктиром).

Выносной пульт присоединяется к приставке двужильным кабелем через разъем  $Ш_1$ .

ИВО обеспечивает измерение высоты нижней границы облаков в пределах 50—2000 м с погрешностью  $\pm 20\%$  до высоты 200 м и с погрешностью не более 10% при высотах более 200 м.

При измерении высоты облаков с помощью ИВО в комплекте с приставкой встречаются некоторые трудности, связанные с возникновением помех, вызванных отражением света нижними слоями воздуха (под облаками). В отдельных случаях, когда нижние слои воздуха сильно замутнены, помеха становится значительной. На основном пульте ИВО помеху легко отличить от основного сигнала. На выносном пульте помеха может привести к ошибке в измерении высоты нижней границы облаков. Для ослабления помехи (потока света, отраженного от нижних слоев атмосферы) рекомендуется ИВО установить так, чтобы датчик и приемник световых импульсов находились на расстоянии 10 м друг от друга. Борьба с помехой должна вестись в разумных пределах — достаточно интенсивные помутнения в нижних слоях должны быть обнаружены, так как они усложняют посадку самолетов не в меньшей степени, чем низкая облачность.

## ГЛАВА 10

# ИЗМЕРЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ

### Общие понятия о дальности видимости

Метеорологической дальностью видимости называется то предельно большое расстояние, дальше которого при данных условиях абсолютно черный объект больших угловых размеров (не менее  $0,3^\circ$ ), проектирующийся на фоне неба вблизи горизонта (или на фоне воздушной дымки), сливается с фоном и становится невидимым.

Метеорологическая дальность видимости  $S_m$  измеряется в метрах и километрах и оценивается по десятибалльной шкале международного синоптического кода.

Дальность видимости любого объекта зависит от прозрачности слоя атмосферы между наблюдателем и наблюдаемым объектом, яркостного контраста  $K$  наблюдаемого предмета и фона, на котором он проектируется, а также от физиологических особенностей зрения наблюдателя, характеризуемого порогом контрастной чувствительности глаза наблюдателя.

Рассмотрим каждую из этих характеристик.

При прохождении через атмосферу световой поток частично поглощается и частично рассеивается, вследствие чего он ослабляется, а в атмосфере образуется световая дымка. Чем более прозрачна атмосфера, тем менее ослабляется проходящий через нее световой поток и тем меньше яркость образующейся при этом дымки.

Прозрачность атмосферы характеризуется коэффициентом прозрачности  $\tau$ , показывающим, какая доля направленного светового потока проходит через единичный слой атмосферы, т. е.

$\tau = \frac{I_1}{I_0}$ , где  $I_0$  — начальная интенсивность светового потока,  $I_1$  — интенсивность светового потока после прохождения им слоя

атмосферы толщиной 1 км. Для слоя толщиной  $l$  км эта зависимость определяется формулой

$$\tau^l = \frac{I_l}{I_0}, \quad (10.1)$$

причем  $\tau \leq 1$ .

Прозрачность атмосферы можно также характеризовать коэффициентом рассеяния  $\alpha$ , показывающим, какая доля светового потока рассеивается атмосферой;  $\tau$  и  $\alpha$  связаны между собой уравнениями:

$$\tau = e^{-\alpha}, \quad (10.2)$$

$$\alpha = -\ln \tau, \quad (10.2a)$$

где  $e$  — основание натурального логарифма.

Яркостный контраст  $K$  выражается формулой

$$K = \frac{B_{\Phi} - B_0}{B_{\Phi}}, \quad (10.3)$$

где  $B_{\Phi}$  — яркость фона,  $B_0$  — яркость объекта; при этом всегда  $0 \leq K \leq 1$ .

Органы зрения дают человеку возможность различать предметы, если контраст их с фоном не менее порога контрастной чувствительности глаза  $\varepsilon$ , т. е.  $K \geq \varepsilon$ .

Среднее значение порога контрастной чувствительности глаза принимается равным 2% ( $\varepsilon = 0,02$ ). Но в случае когда предмет не виден и его надо обнаружить, эта величина может достигнуть 5% ( $\varepsilon = 0,05$ ).

Метеорологическая дальность видимости зависит от прозрачности атмосферы и порога контрастной чувствительности глаза и связана с ними формулами:

$$S_m = \frac{\ln \varepsilon}{\ln \tau} \text{ км}, \quad (10.4)$$

$$S_m = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{1}{\varepsilon} \text{ км}. \quad (10.4a)$$

Метеорологическую дальность видимости различают горизонтальную (вдоль земной поверхности), вертикальную и наклонную.

В настоящее время на метеорологических станциях определяют только горизонтальную видимость. Для ее измерения применяются визуальные (бесприборные) и инструментальные методы. В светлую часть суток ее визуально определяют путем наблюдения над темными несамосветящимися объектами, а в темную — путем наблюдения над огнями.

## Визуальные методы определения метеорологической дальности видимости

**Наблюдения над метеорологической дальностью видимости днем.** Для наблюдений метеорологической дальности видимости днем подбирают девять темных объектов, удаленных на определенные расстояния от пункта наблюдения.

Объекты должны находиться на расстоянии 50, 200, 500 м и 1, 2, 4, 10, 20 и 50 км.

Расстояния до объектов, по которым определяется метеорологическая дальность видимости, могут отклоняться от указанных стандартных расстояний в ту или иную сторону не более чем на 20%.

Объекты для наблюдений должны отвечать следующим требованиям:

- 1) быть возможно более темными;
- 2) проектироваться на фоне неба (если объекты проектируются на другом фоне, то они должны иметь четкие контуры, а фон должен быть вдвое дальше от места наблюдений, чем объект);
- 3) быть видимыми с места наблюдений под углом не более  $5-6^\circ$  к плоскости горизонта.

При выборе объектов должны быть измерены расстояния до них, оценены угловые размеры объектов, составлено их описание и план расположения.

Производство наблюдений заключается в том, что наблюдатель определяет, какие из объектов, имеющих на станции, видимы и какие невидимы. Объект считается невидимым только в том случае, если он полностью сливается с фоном и совершенно неотличим от него. Интервал, в котором в момент наблюдений находится величина дальности метеорологической видимости, определяется по видимому наиболее далекому и по невидимому наиболее близкому объектам.

Балл метеорологической дальности видимости определяется по шкале, приведенной в табл. 10.1.

На метеорологических станциях не всегда имеется достаточное число объектов для определения всех девяти баллов метеорологической видимости или они не удовлетворяют необходимым требованиям. В этом случае определение метеорологической дальности видимости в климатологические сроки может быть сделано по методу ГГО. По этому методу допустимо выбирать объекты, расположенные на произвольных расстояниях в любом направлении от места наблюдений.

При организации этих наблюдений надо стремиться к тому, чтобы комплект объектов, подобранных на каждой станции, давал возможность определить метеорологическую дальность видимости от 0 до 9 баллов. При этом надо иметь в виду, что такие

вспомогательные приемы позволяют по каждому объекту, расположенному на расстоянии  $l$ , определять метеорологическую дальность видимости в интервале от  $l$  до  $10l$ , т. е. от величины, равной расстоянию между объектом и наблюдателем, до величины 10-кратного расстояния между ними.

Таблица 10.1

**Шкала баллов метеорологической видимости**

Балл метеорологической видимости	Объект, находящийся на расстоянии	
	виден	не виден
0	—	50 м
1	50 м	200 "
2	200 "	500 "
3	500 "	1 км
4	1 км	2 "
5	2 "	4 "
6	4 "	10 "
7	10 "	20 "
8	20 "	50 "
9	50 " или более	—

При этом методе предварительно производится оценка степени покрытия объектов воздушной дымкой согласно шкале, приведенной в табл. 10.2.

Таблица 10.2

**Шкала оценки воздушной дымки на объектах**

Степень покрытия воздушной дымкой	Характеристика видимости объекта
0	Воздушная дымка на объекте отсутствует
1	Объект отчетливо виден на фоне неба как темно-серый силуэт. Однако воздушная дымка на объекте такова, что естественная окраска, присущая ему, и его отдельные детали наблюдателем не воспринимаются
2	Объект покрыт очень сильной воздушной дымкой. По яркости объект совершенно очевидно темнее неба
3	Объект виден как силуэт, мало отличающийся по цвету и яркости от неба. Видимость объекта оценивается как плохая
4	Воздушная дымка на объекте так сильна, что объект едва различим, обнаруживается с трудом, легко теряется из виду
5	Объект не виден

Для иллюстрации этой таблицы и облегчения пользования ею в приложении к «Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 3, ч. I и II — «Сборник вспомогательных

таблиц» — приведена вспомогательная таблица эталонных контрастов (рисунки объекта, покрытого дымкой различной интенсивности).

При определении метеорологической дальности видимости все объекты, имеющиеся на станции, осматриваются и выбирается самый дальний, на котором совершенно отсутствует воздушная дымка (степень покрытия равна 0). Ориентировочно метеорологическая дальность видимости определяется путем умножения этого расстояния на 10. Если видимость при этом окажется более 50 км, то никаких других оценок видимости не производят, а полученный балл 9 записывают в соответствующие книжки.

Если метеорологическая дальность видимости менее 9 баллов, а также в тех случаях, когда на станции нет достаточно удаленного объекта, для которого  $10l > 50$  км, оценивается степень покрытия воздушной дымкой наиболее удаленного объекта и дальнейшее вычисление дальности видимости в этом случае производится с помощью табл. 10.3.

Для более удобного и быстрого определения видимости указанными способами на станции в зависимости от имеющихся объектов заранее составляется вспомогательная таблица.

В первой графе этой таблицы перечисляются имеющиеся на станции объекты, во второй указывается степень покрытия объекта воздушной дымкой, при которой они могут быть видны, а в третьей — балл видимости, вычисляемый с помощью способов, указанных в табл. 10.3.

**Визуальные наблюдения метеорологической дальности видимости в темное время суток.** Для определения метеорологической дальности видимости в темное время суток пользуются огнями. В окрестностях станции подбирают серию огней, расположенных на различных расстояниях от пункта наблюдений, и оценку видимости производят по наиболее далекому огню, который еще виден в момент наблюдений.

Оценка метеорологической дальности видимости ночью производится по такой же балловой шкале, как и днем. Но так как видимость огней зависит от совершенно других факторов, чем дальность видимости темных объектов на фоне неба днем, то при подборе огней руководствуются иными соображениями, чем при выборе объектов для дневных наблюдений.

Зависимость дальности видимости огней от прозрачности воздуха определяется формулой

$$E = \frac{I}{l^2} \tau^l, \quad (10.5)$$

где  $E$  — освещенность, даваемая источником света;  $I$  — сила света огня (источника);  $\tau$  — коэффициент прозрачности воздуха;  $l$  — расстояние между огнем и наблюдателем.

**Определение метеорологической видимости по одному или нескольким наиболее удаленным объектам**

Условия наблюдения	Способ определения метеорологической видимости	Примеры
Если все объекты наблюдаются без дымки (дымка оценивается степенью 0)	$S > 10l$ $l$ — расстояние до наиболее удаленного объекта	Все, внесенные в список объекты, в момент наблюдения видны отчетливо; дымки на них нет. Наиболее удаленный объект находится на расстоянии 7 км $S > 70$ км, т. е. 9 баллов
Если один или два дальних объекта покрыты дымкой, которая оценивается степенью 1, а остальные видны отчетливо	$S > 5l$ $l$ — расстояние до наиболее удаленного объекта, покрытого дымкой степени 1	Дымка на двух наиболее дальних объектах, находящихся на расстоянии 4 и 3,5 км, оценена степенью 1, на всех остальных ближних объектах дымка оценена степенью 0 $S > 20$ км $\geq 8$ баллов
Если один или два объекта покрыты дымкой, которая оценивается степенью 2, а остальные видны отчетливо	$S > 2,5l$ $l$ — расстояние до наиболее удаленного объекта, покрытого дымкой степени 2	Дымка на двух наиболее удаленных объектах, находящихся на расстоянии 1,0 и 1,3 км, оценена степенью 2, остальные объекты видны отчетливо (степень 0) $S > 3,2$ км $\geq 5$ баллов
Если один или два объекта покрыты дымкой, которая оценивается степенью 3, а остальные видны отчетливо	$S > 2l$ $l$ — расстояние до наиболее удаленного объекта, покрытого дымкой степени 3	Дымка на наиболее удаленном объекте, находящемся на расстоянии 5 км, оценена степенью 3, остальные объекты видны отчетливо $S > 10$ км $\geq 7$ баллов
Если хотя бы один из объектов покрыт дымкой, которая оценивается степенью 4	$S = l$ $l$ — расстояние до объекта, покрытого дымкой степени 4	Дымка на объекте, находящемся на расстоянии 4,6 км, оценена степенью 4, остальные объекты покрыты разными степенями дымки $S = 4,6$ км = 6 баллов



Условия наблюдения	Способ определения метеорологической видимости	Примеры
Если два или несколько объектов покрыты дымкой разной интенсивности (например, на одном дымка степени 1, а на другом степени 2 или на одном степени 2, а на другом 3)	$S$ вычисляется по указанным выше формулам по тому объекту, по которому $S$ получается больше	Дымка на одном объекте, находящемся на расстоянии 5 км, оценена степенью 1, на втором, находящемся на расстоянии 7 км, оценена степенью 2 $S > 25 \text{ км} \geq 8 \text{ баллов}$
Если ни один объект не виден	$S < l$ $l$ — расстояние до самого близкого объекта	В момент наблюдения все объекты скрыты туманом. Самый близкий из них расположен на расстоянии 45 м $S < 0,04 \text{ км} = 0 \text{ баллов}$

Эта формула определяет величину освещенности  $E$ , которая получается в глазу наблюдателя от точечного источника света (огня), находящегося от него на расстоянии  $l$ . Как видно из формулы, освещенность  $E$  ослабляется по мере возрастания расстояния  $l$  (обратно пропорционально квадрату расстояния), а также по мере уменьшения коэффициента прозрачности  $\tau$  и увеличения толщины слоя  $l$ , через который проходит световой поток.

Человеческий глаз может различать огонь лишь в том случае, если освещенность, создаваемая в нем данным источником света, будет не меньше некоторой предельной величины — абсолютного порога чувствительности глаза (порога видимости). Для точечного источника света (для нормального глаза) он равен  $2,7 \cdot 10^{-7} \text{ лк}$ . Если же освещенность в глазу получается меньше порога видимости, то глаз не различит такого огня.

Поэтому, если в формуле (10.5) принять  $E$  равным порогу видимости для нормального глаза, то можно вычислить для огня любой силы света расстояние, на котором этот огонь перестанет быть видимым (при данной прозрачности атмосферы).

В табл. 10.4 приведены расстояния, на которых должны находиться огни различной силы света для баллов видимости от 0 до 9. Таким образом, пользуясь табл. 10.4, можно подобрать серию нужных огней для наблюдений.

При выборе огней можно допускать отступление от расстояний, указанных в таблице, не больше чем на 25%.

Для наблюдений нельзя пользоваться цветными огнями, а также источниками света, имеющими рассеивающие колпаки.

**Определение дальности видимости (в баллах) по темным объектам на фоне неба днем и огней ночью**

Баллы види- мости	Видимость	Расстояния, на которых находятся										
		днем объек- ты	ночью огни при силе света (в свечах)									
			3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	50	100	200	300	400	500	1000	
Метры												
0	не виден виден	}	50	97	105	123	132	139	143	146	149	156
1	не виден виден	}	200	277	310	383	409	437	455	468	475	507
2	не виден виден	}	500	530	601	771	838	905	948	977	1000	1067
3	Километры											
4	не виден виден	}	1	0,826	0,907	1,28	1,42	1,54	1,63	1,68	1,72	1,86
5	не виден виден	}	2	1,24	1,50	2,06	2,32	2,56	2,71	2,82	2,90	3,16
6	не виден виден	}	4	1,77	2,19	3,24	3,66	4,12	4,41	4,62	4,79	5,27
7	не виден виден	}	10	2,53	3,35	5,43	6,37	6,98	8,04	8,43	9,88	10,0
8	не виден виден	}	20	3,09	4,30	7,55	9,12	10,8	12,0	12,7	13,4	15,5
9	не виден	}	50	4,22	5,30	10,4	13,3	16,4	18,6	20,2	21,5	25,8

**Инструментальные методы определения метеорологической дальности видимости**

Результаты визуальных определений метеорологической дальности видимости очень сильно зависят от субъективных особенностей наблюдателя. Инструментальные методы в значительной мере исключают эти особенности. Кроме того, они позволяют уменьшить число объектов для наблюдения, размеры объектов и расстояние между ними и наблюдателем. Измерения по при-

борам в принципе позволяют получить более точные значения дальности видимости. Большинство из существующих приборов для измерения дальности видимости принадлежит к специальным фотометрам, измеряющим дальность объекта, яркость дымки или интенсивность ослабления и рассеяния света атмосферой. В зависимости от того, является ли применяемый прибор визуальным или фотоэлектрическим, методы измерения дальности видимости могут быть разделены на приборно-визуальные и чисто инструментальные.

**Поляризационный измеритель видимости М-53А.** Этот прибор разработан Л. Л. Дашкевичем. Он позволяет производить измерение метеорологической дальности видимости в светлую часть суток, а в комплекте со специальной прожекторной установкой и в темную часть суток.

М-53А по принципу действия является поляризационным фотометром. Основными частями его оптической системы являются поляроид и двоякопреломляющая поляризационная призма. Поляроид представляет собой плоскую пластинку, которая пропускает свет, поляризованный в одной плоскости. Двоякопреломляющая поляризационная призма (призма Воллостона) состоит из двух прямоугольных призм, склеенных по гипотенузам. Прямоугольные призмы изготовлены из исландского шпата таким образом, что оптические оси кристалла в них перпендикулярны. В результате этого луч, проходящий через призму, раздваивается на два поляризованных луча  $O$  и  $H$ , называемых обыкновенным и необыкновенным (рис. 10.1 а).

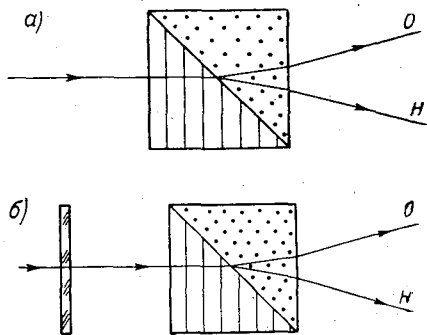


Рис. 10.1.

Если на призму падает луч, заранее поляризованный поляроидом, то призма все равно его раздвоит на обыкновенный и необыкновенный лучи (рис. 10.1 б). Но если в первом случае интенсивности обоих лучей были равными, то во втором они могут отличаться. Интенсивности их будут зависеть от  $\alpha$  — угла между плоскостями поляризации падающего обыкновенного и преломленного лучей (плоскость поляризации второго, необыкновенного, преломленного луча перпендикулярна плоскости поляризации первого).

На рис. 10.2 это показано схематически:  $AA$  — плоскость поляризации падающего луча,  $O'O'$  и  $OO$  — плоскости поляризации преломленных обыкновенного и необыкновенного лучей,  $a$ ,  $a_o$  и  $a_n$  — интенсивность падающего и преломленных лучей.

В зависимости от угла  $\alpha$   $a_O$  и  $a_H$  могут меняться от нуля до  $a$ ;  $a_O = a \cos \alpha$ ,  $a_H = a \sin \alpha$ . Причем если  $a_O$  растет, то  $a_H$  убывает и наоборот, но сумма световых потоков преломленных лучей остается постоянной и равной потоку в падающем луче. Угол  $\alpha$  задается положением поляроида относительно призмы. Яркости изображений, образованных обыкновенными и необыкновенными лучами, будут:

$$B_O = B \cos^2 \varphi, \quad B_H = B \sin^2 \varphi,$$

где  $B$  — яркость объекта, наблюдаемого через поляроид.

Фотометрирование с помощью поляризационного фотометра сводится к уравниванию яркости изображений двух объектов: объекта, яркость которого измеряется, и контрольного объекта,

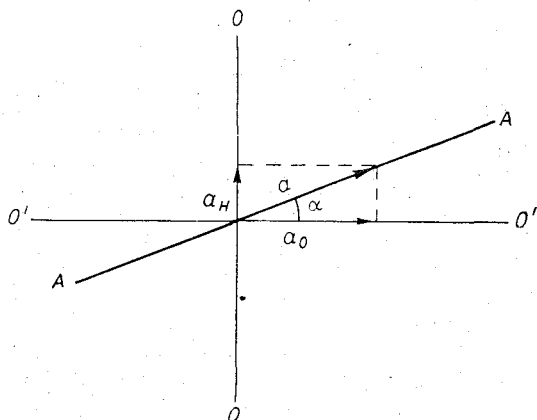


Рис. 10.2.

яркость которого известна. Причем в фотометре могут проявляться по два изображения каждого объекта, образованные обыкновенными и необыкновенными лучами. При фотометрировании выбирают по одному изображению каждого объекта, но обязательно образованному разными лучами (обыкновенным и необыкновенным). Сравнение яркостей выполняется путем вращения поляроида вокруг своей оси.

На рис. 10.3 показан внешний вид (а) и схема (б) поляризационного измерителя видимости. Он смонтирован в корпусе 4, к которому привинчивается рукоятка 6. В корпусе укреплена двоякопреломляющая призма 13 с защитным стеклом 12. Поляроид 7 укреплен в расположенной внутри корпуса 4 поворотной оправе 8 с зубчатым венцом. Поляроид 7 вместе с оправой 8 может поворачиваться вокруг оси с помощью рукоятки 1, связанной с шестерней 14, которая сцепляется с зубчатым венцом оправы 8. Угол поворота поляроида определяется по шкале на лимбе 11 и риске, нанесенной на защитном стекле 10. Отсчет

производится через лупу 3 с диоптрийным кольцом. Деления на шкале лимба нанесены в градах (1 градус — сотая доля прямого угла) через 0,5 града. Оцифрованы четные целые деления. Участок шкалы и риска освещаются через матовое стекло 9. Лучи света от наблюдаемого объекта проходят через поляририд 7, раздваиваются призмой 13, создают два изображения, смещенные друг относительно друга по вертикали. Для ограничения поля зрения прибора, а также для защиты поляриоида от попадания на него прямых солнечных лучей и осадков в корпус (со стороны

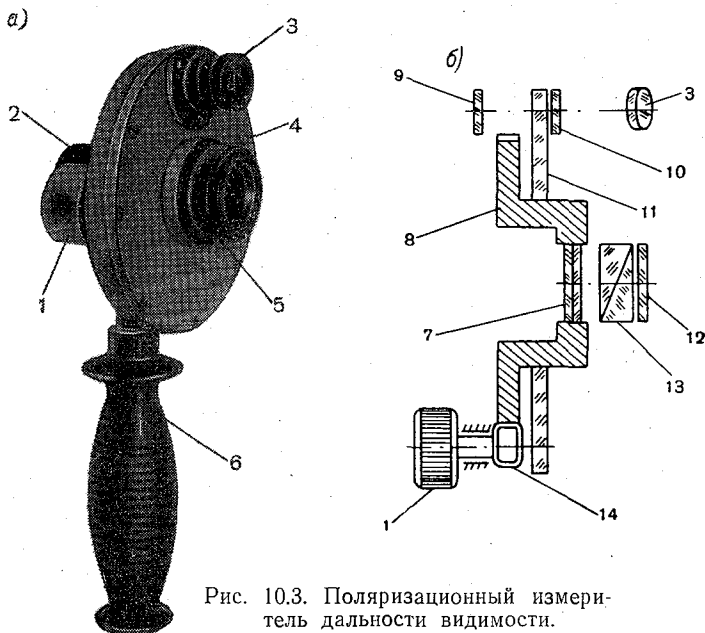


Рис. 10.3. Поляризационный измеритель дальности видимости.

поляриоида) ввинчивается блenda 2. Наблюдение объектов производится со стороны защитного стекла 12 и призмы 13 через наглазник 5.

При вращении рукояткой 1 поляриоида 7 меняются яркости изображений наблюдаемого предмета — яркость одного растёт, а второго уменьшается.

При измерениях наблюдатель держит прибор за рукоятку 6 (наглазником к себе) или устанавливает его на столбик со специальным держателем со штырем, который и входит в нижнее отверстие рукоятки.

С помощью М-53А метеорологическая дальность видимости может определяться:

1) по методу гашения, при котором контраст наблюдаемого объекта с фоном, на который он проектируется, приводится к пороговому ( $\varepsilon$ );

2) методом фотометрического сравнения или относительной яркости, при которых уравниваются яркость близкого объекта и яркость далекого объекта, покрытого дымкой.

Для измерения дальности видимости в светлое время суток используются естественные и искусственные объекты. Они должны быть темными, не должны возвышаться над пунктом наблюдения более чем на  $5-6^\circ$  и располагаться в одной четверти горизонта, лучше всего в южной.

На линии от места измерений до объекта не должно быть местных источников помутнения атмосферы (дымящих заводских труб, источников образования местных туманов, пыльных дорог и др.).

Для измерения дальности видимости с помощью М-53А по методу гашения необходимо выбрать не менее четырех объектов. Первый объект должен находиться на расстоянии 30—50 м от места измерения, каждый последующий на расстоянии не более шестикратного удаления предыдущего, самый дальний объект должен находиться не ближе чем в 5 км от места измерений.

Для измерения по методам фотометрического сравнения или относительной яркости пользуются естественными и полустественными объектами (щитами).

Вычисление дальности видимости производится по результатам отсчетов по прибору с помощью простых формул и вспомогательных таблиц.

Порядок наблюдений по методу гашения. Наблюдения проводятся по одному объекту из набора — наиболее удаленному из видимых в момент наблюдения. Если на выбранном объекте дымка настолько плотная, что он через прибор не виден, наблюдения проводят по соседнему, более близкому объекту.

Установив шкалу прибора на нуль, наводят прибор на выбранный объект так, чтобы первоначальное (верхнее) изображение объекта располагалось в центре поля зрения и вращают маховичок от нулевого деления шкалы к сотому. При этом на верхнее изображение наблюдаемого объекта накладывается появляющееся нижнее изображение неба, в результате чего наблюдаемый через прибор контраст между объектом и небом уменьшается. Маховичок вращают до тех пор, пока верхнее изображение объекта полностью не сольется с фоном неба и не перестанет различаться.<sup>1</sup>

Вращение маховичка вблизи точки исчезновения контраста следует производить медленно, осторожно и тотчас же после исчезновения контраста прекратить, иначе можно «перегасить»

---

<sup>1</sup> При гашении небольших объектов или объектов, вытянутых по вертикали, лучше держать прибор не вертикально, а наклонно, чтобы на изображение объекта накладывалось изображение участка неба, близкого к горизонту.

контраст и получить неверный результат. В случае сомнения следует, вращая маховичок в обратном направлении, вернуться к различимому контрасту и затем снова погасить его.

Закончив процесс гашения, снимают отсчет с точностью до 0,1, записывают его и, уменьшив вращением маховичка отсчет на 20—30 делений, повторяют измерение. Всего проводят три измерения.

Кроме того, отмечают характер освещения объекта одним из следующих знаков:  $\odot$  — объект спереди освещен солнцем,  $P$  — рассеянное освещение объекта (передняя сторона объекта в тени или солнце покрыто облаками).

Определять дальность видимости по объекту, не покрытому дымкой, нельзя. В этом случае записывают значение  $S_m$  в баллах, исходя из соотношения  $S_m = 10l_{\text{посл}}$ . В частности, при расстоянии до последнего объекта  $l_{\text{посл}} = 5$  км и более записывают  $S_m = 9$  баллам.

Обработка результатов наблюдений. Вычисляют среднее из трех отсчетов по объекту и к нему прибавляют поправку на место нуля  $\Delta n_0$ :

$$N = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} + \Delta n_0. \quad (10.6)$$

По полученному числу  $N$  находят в таблице (приложение 5) значение коэффициента  $R$  (отсчет меньше 50 предварительно округляют до целых и используют первую часть таблицы).

Метеорологическая дальность видимости вычисляется по формуле

$$S_m = \frac{1000l}{Q - R}, \quad (10.7)$$

где  $l$  — расстояние от наблюдателя до объекта;  $Q$  — коэффициент, характеризующий видимость объекта при отсутствии на нем дымки.

Коэффициент  $Q$  определяется специальными тарировочными наблюдениями, производимыми при отсутствии на объекте дымки или настолько слабой дымке, что она позволяет различать цвет объекта и все его детали. Для этого дальность видимости должна быть не менее десятикратного расстояния до объекта, по которому проводятся тарировочные наблюдения.<sup>1</sup> Лучше всего проводить эти наблюдения в дни с такой высокой прозрачностью атмосферы, при которой указанное условие выполняется для всех объектов, включая наиболее удаленный.

В течение трех дней с высокой прозрачностью воздуха проводят по три серии наблюдений по каждому объекту в отдель-

<sup>1</sup> Если объект проектируется не на фон неба, то для тарировочных наблюдений по нему надо выбрать другой пункт, с которого он проектировался бы на фон неба. При этом можно уменьшить расстояние до объекта.

ности. При проведении каждой серии наблюдений трижды гасят верхнее изображение объекта. Из девяти полученных для данного объекта значений  $N$  вычисляют среднее  $N_{\text{ср}}$ , по которому в приложении 5 находят значение  $R$ , и затем вычисляют коэффициент  $Q$  по формуле

$$Q = R + 20l,$$

где  $l$  — расстояние до объекта в километрах.

Для каждого объекта коэффициент  $Q$  надо определить отдельно при рассеянном свете ( $P$ ) и при освещении его солнцем спереди ( $\odot$ ).

Определение коэффициента  $Q$  производится в соответствии с сезонными изменениями состояния объекта отдельно для летних, осенне-весенних и зимних условий наблюдений.<sup>1</sup>

В формулу, по которой определяют  $S_m$ , подставляют значения коэффициента  $Q$ , соответствующие условиям освещения и состоянию объекта. Например, если при измерении дальности видимости объект освещен спереди солнцем, надо брать то значение коэффициента  $Q$ , которое было определено, когда объект был также освещен спереди солнцем.

Если нет возможности произвести тарировочные наблюдения или проведение их задерживается вследствие неподходящей погоды, приближенное значение коэффициента  $Q$  можно ориентировочно определять по приложению 12.

*Пример.* Наблюдения проводились в пасмурную погоду летом по отдельному лиственному дереву на расстоянии 920 м. При тарировочных наблюдениях по этому объекту при рассеянном освещении летом получено значение  $Q=830$ . Поправка на место нуля  $\Delta n_0 = +0,4$ . Получены отсчеты: 78,0, 79,2, 78,9;  $N = 78,7 + 0,4 = 79,1$ ;  $R = 578$ .

$$S_m = \frac{1000 \cdot 0,92}{830 - 578} = 3,6 \text{ м.}$$

Этот метод измерения наиболее прост, но дает значительные погрешности, и поэтому пользоваться им рекомендуется только в исключительных случаях.

Для наблюдений по методу фотометрического сравнения необходимо выбрать на местности два естественных объекта и установить два искусственных — щит и щиток (рис. 10.4).

Объекты для наблюдений должны хотя бы верхней кромкой проектироваться на фон неба. Если условия местности не дают возможности выполнить эти требования, то надо, чтобы ближайший объект проектировался на фон, расположенный дальше следующего по дальности объекта. Наблюдения производятся

<sup>1</sup> Например, лес зимой без изморози и снега имеет одно значение  $Q$ , а лес, покрытый изморозью и снегом, — другое; травянистый холм с зеленой травой имеет одно значение  $Q$ , а тот же холм с высушенной травой — другое.



всегда по самому дальнему из видимых в данный момент объектов (фон которого уже скрыт дымкой).

Естественные объекты должны быть возможно более темными. Естественными объектами могут служить лес (особенно хвойный), темные крыши (без снежного покрова), темные склоны и скалы, отдельные плотные группы деревьев, темные стены зданий.

Ширина естественных объектов должна быть не менее 0,008 расстояния до них (минимальная угловая ширина 30'), а высота их не менее  $\frac{1}{2}$  ширины (15').

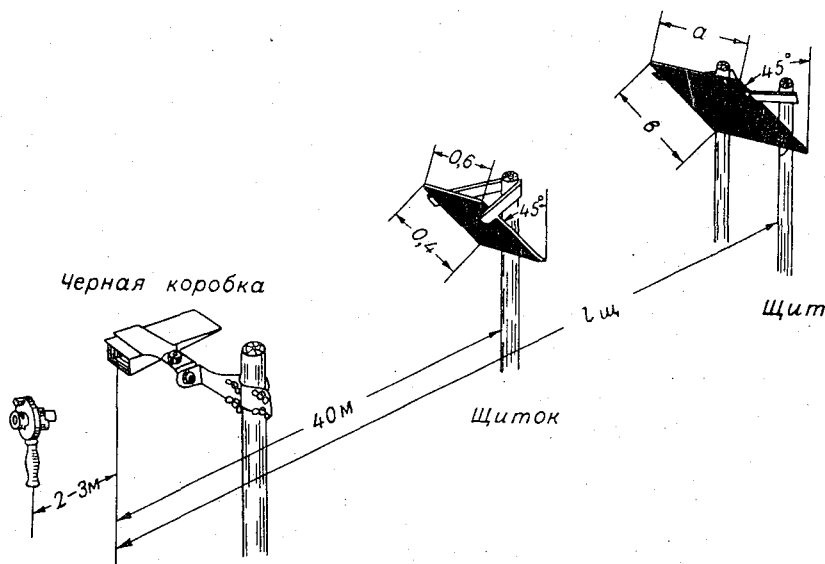


Рис. 10.4.

Отношение метеорологической дальности видимости  $S_m$  к расстоянию до объекта  $l$  называется относительной дальностью видимости  $V = \frac{S_m}{l}$ . По естественному объекту можно производить наблюдения при  $12 < V < 10$ , по щиту — при  $12 \leq V \leq 17$ . Следовательно, наблюдения по каждому объекту охватывают некоторый поддиапазон  $S_m = Ll$ . Объекты необходимо выбирать или устанавливать с таким расчетом, чтобы эти поддиапазоны перекрывали весь диапазон измерения (50 м — 50 км). Для измерения дальности видимости до 50 км расстояние до наиболее далекого объекта должно быть не менее 3—4 км.

Примером хорошей расстановки объектов можно считать, когда щиток находится на 40 м, щит — 200 м, лес — 1,5 км, лес — 6 км.

При наличии двух естественных объектов (дальнего и ближнего) расстояния до них  $l_d$  и  $l_b$  должны быть в следующих пределах:

$$4 \text{ км} \leq l_d \leq 12 \text{ км},$$

$$\frac{l_d}{9} \leq l_b \leq \frac{l_d}{2}.$$

Щит устанавливается на расстоянии  $l_{щ}$ , причем

$$\frac{l_d}{15} \leq l_{щ} \leq 400 \text{ м}.$$

(На расстоянии, большем 400 м, щит ставить можно, но тогда нужно делать его слишком большим.)

Щиты устанавливаются с наклоном под углом  $45^\circ$  в сторону того места, откуда производится измерение (рис. 10.4). Они должны быть окрашены черной матовой краской и не иметь сквозных щелей.

Щит устанавливается на такой высоте, чтобы его верхняя кромка проектировалась на фоне неба вблизи горизонта или на участок местности, расположенной дальше, чем следующий объект. По возможности щит должен находиться в том же азимуте, что и естественные объекты.

На расстоянии 2—3 м от наблюдателя по направлению к объектам на столбике высотой 2 м от поверхности земли укрепляют черную коробку (рис. 10.4) (прилагаемую к прибору), отверстием к наблюдателю.

На расстоянии 40 м от черной коробки по направлению к объектам устанавливается черный наклонный щиток размером  $0,6 \times 0,4 \text{ м}$ . Его верхняя кромка должна проектироваться на фон неба вблизи горизонта. Затем устанавливается щит.

Если нет возможности поставить щит достаточных размеров, можно обойтись набором, состоящим из щита и двух-трех естественных объектов. Щиток при этом можно отодвинуть на расстояние до 80 м, соответственно увеличив его размеры. Точность наблюдений в этом случае будет ниже, чем со щитом.

Наиболее благоприятный случай расположения объектов: щиток — 40 м, щит — 200 м, лес — 1 км, лес — 6 км.

Если естественного объекта, удовлетворяющего указанным требованиям, нет, то наблюдения производятся так называемым комплексным методом: при  $S_m$  менее 4 км — методом фотометрического сравнения и при  $S_m$  более 4 км — методом относительной яркости.

Для измерения метеорологической дальности видимости по комплексному методу на местности должны быть установлены два черных наклонных щита, щиток-диафрагма с прямоугольным отверстием в центре и столб с держателем прибора, установленный в пункте наблюдений (рис. 10.5).

Щиты и щиток-диафрагма окрашиваются черной матовой краской. Расстояние от столба с держателем прибора до щитка-диафрагмы 3 м. Расстояние от щитка-диафрагмы до первого щита 40 м, до второго — 300 м. Допускаются отклонения в расстояниях до щитов соответственно  $\pm 10$  м и  $\pm 30$  м. Размеры щитка-диафрагмы  $12 \times 17$  см, его центрального отверстия  $15 \times 21$  мм, первого щита  $40 \times 60$  см, второго щита  $240 \times 340$  см. Соотношение размеров щитов выбрано таким, чтобы видимая ширина равнялась видимой высоте (видимая форма — квадрат).

Дальний щит крепят на столбах так, чтобы его верхняя кромка проектировалась на фон неба у горизонта. Правильность

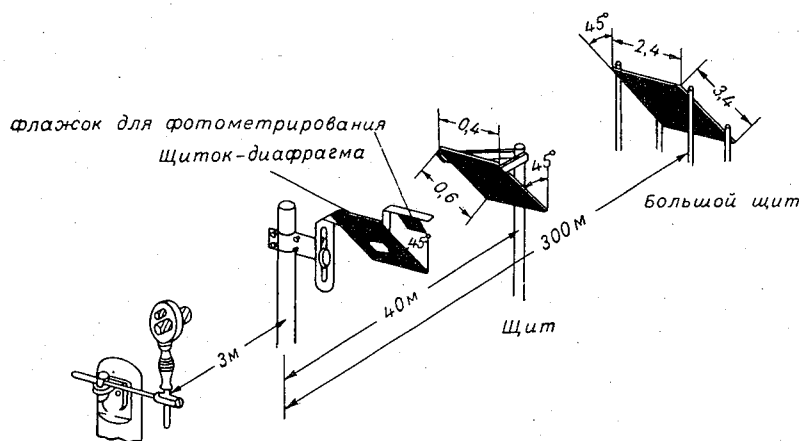


Рис. 10.5.

установки щита проверяют прибором М-53А. Наблюдая щит через прибор, вращают маховичок прибора от нулевого деления к сотому. При этом изображение на щите должно накладываться на изображение неба, а изображение фона должно появляться ниже щита. Если же появившееся изображение фона накладывается на щит, то это значит, что щит установлен низко, его следует поднять выше.

На пункте наблюдений устанавливают столб, на котором должен быть укреплен держатель прибора М-53А или штырь. Если используется штырь, то столб вкапывают прямо на линии визирования; если используется держатель прибора, то столб вкапывают примерно на 15 см справа или слева от линии визирования. Штырь или держатель устанавливают на такой высоте, чтобы при работе с прибором наблюдатель мог стоять не наклоняясь. Дальний щит должен находиться в центре поля зрения прибора.

Для точной установки щитка-диафрагмы используют возможность горизонтального и вертикального перемещения его в держателе, укрепленном на столбе.

Установка щита на расстоянии 40 м производится несколько в стороне от линии визирования на дальний щит, так чтобы между ними наблюдался просвет, приблизительно в 1,5—2 раза больший видимой ширины щита. Щит устанавливается под углом  $45^\circ$  к отвесу и так, чтобы его верхняя кромка проектировалась на фон неба у горизонта. Верхние края щитов должны располагаться зрительно примерно на одном уровне.

При измерениях прибор держат в руке (ручкой вниз) или насаживают ручкой на штырь. Перед выполнением наблюдений прибор ориентируют так, чтобы его оптическая ось была направлена по линии визирования наблюдаемых объектов. До начала измерений необходимо лупу 3 (рис. 10.3) установить диоптрийным кольцом так, чтобы шкала лимба была видна резко и установлена на деление 0. Деления шкалы и вертикальный штрих индекса после установки лупы 3 по глазам наблюдателя должны быть видны совершенно четко и совпадать по направлению.

Порядок наблюдений по методу фотометрического сравнения. Наблюдения проводят по одному объекту из имеющихся — наиболее удаленному из видимых в момент наблюдения. Таким образом, когда видны все объекты, для измерений используют только дальний, естественный объект. Если дальний объект скрыт дымкой, но виден ближний естественный объект, наблюдения проводят по нему и т. д.

Если дымка на выбранном объекте настолько плотная, что он через прибор неразличим, наблюдения проводят по соседнему, более близкому объекту. Производить наблюдения по объекту, совершенно не покрытому дымкой, нельзя. При отсутствии дымки на дальнем (наиболее удаленном) объекте измерения не производят, а дальность видимости  $S_m$  определяют в баллах из соотношения  $S_m > 10 l$ . Например, при  $l_d = 5$  км и более  $S = 9$  баллам, при  $l_d$  от 2 до 5 км  $S_m = 8$  баллам.

Выбрав объект для наблюдений, становятся в 2—4 м от черной коробки (рис. 10.4) и устанавливают шкалу прибора около 30-го деления. Затем, держа прибор в правой руке ручкой вниз, смотрят через него на выбранный объект и, перемещаясь немного вправо или влево, выбирают такое положение, чтобы в поле зрения прибора над верхним изображением объекта, почти вплотную к нему, расположилось нижнее изображение коробки и граница между ними проходила через центр поля зрения. При этом один наблюдатель становится ближе к коробке, а другой наблюдатель — дальше от нее.

Вращением маховичка добиваются равенства яркостей сравниваемых изображений объекта и черной полости коробки. Рекомендуются взять положение равенства яркостей «в вилку»,

поворачивая маховичок возле этого положения так, чтобы изображение объекта становилось то темнее (рис. 10.6 а), то светлее (рис. 10.6 в) изображения черной коробки. Надо найти такое положение, при котором яркость верхнего изображения объекта будет равна яркости нижнего изображения коробки (рис. 10.6 б). После этого снимают отсчет по шкале прибора с точностью до 0,1, записывают его и, повернув маховичок примерно на пол-оборота, повторяют измерение. Всего производят три измерения. Кроме того, отмечают характер освещения объекта, как это указывалось ранее: ☉ — объект спереди освещен солнцем, Р — рассеянное освещение объекта.

Обработка результатов наблюдений. Находят среднее значение из трех отсчетов (округленное до 0,1) и к нему прибавляют поправку на место нуля  $\Delta n_0$  по формуле (10.6).

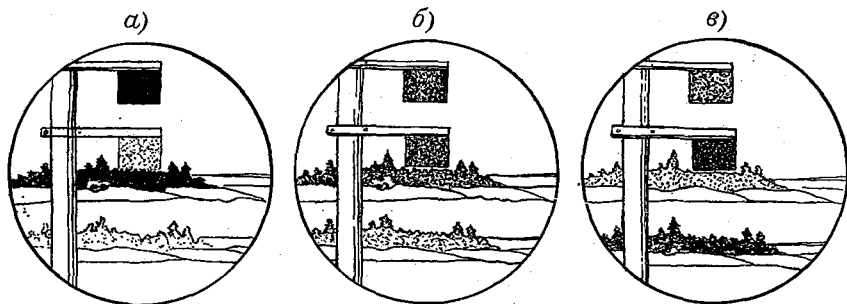


Рис. 10.6.

По полученному числу  $N$  находят в таблице (приложение 6) значение коэффициента  $C$ .

Метеорологическая дальность видимости вычисляется по формуле

$$S_m = \frac{1000l}{C - E}, \quad (10.8)$$

где  $l$  — расстояние от черной коробки до объекта;  $C$  — коэффициент, значение которого находят в таблице по числу  $N$ ;  $E$  — коэффициент, характеризующий истинный контраст объекта и фона при данном освещении (значение  $E$  находят в приложении 7).

Вычисленная дальность видимости округляется в меньшую сторону: в интервале от 50 до 100 м — до десятков метров, в интервале от 100 м до 5 км — до сотен метров, в интервале от 5 до 30 км — до целых километров и в интервале от 30 до 50 км — до пяти километров (30, 35, 40, 45, 50 км).

*Пример.* Наблюдения производились летом по хвойному лесу, находящемуся на расстоянии 4,2 км от точки измерения, при рассеянном освещении.

Поправка на место нуля  $\Delta n_0 = -0,3$ . Получены отсчеты: 37,9; 38,7; 38,1; средний отсчет 38,2. Исправленный отсчет  $N = 38,2 - 0,3 = 37,9$ ;  $C = 199$ ,  $E = 40$ . По формуле (10.8) получаем

$$S_m = \frac{1000 \cdot 4,2}{199 - 40} = 26 \text{ км.}$$

Порядок наблюдений по комплексному способу. Когда дальность видимости по предварительной глазомерной оценке не больше 4 км, наблюдение проводят методом фотометрического сравнения по дальнему щиту, а если он не виден — по ближнему. Для фотометрирования вместо коробки используется боковой флажок щитка-диафрагмы. Наблюдатель,

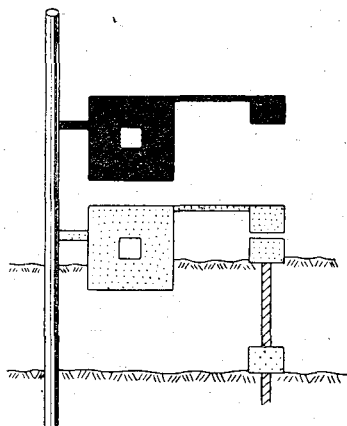


Рис. 10.7.

держа прибор, выбирает такое положение, чтобы над верхним изображением щита расположилось нижнее изображение флажка (рис. 10.7). Далее наблюдения и вычисления  $S_m$  проводят так же, как с коробкой.

Если по глазомерной оценке дальность видимости больше 4 км, наблюдения проводят по методу относительной яркости.

При наблюдениях по методу относительной яркости ручку прибора насаживают до упора на штырь держателя (рис. 10.5). Затем, наблюдая через прибор и отверстие щитка-диафрагмы за поверхностью щита (рис. 10.8 а), вращают маховичок прибора от нулевого деления

шкалы. При этом на верхнее изображение щита и щитка-диафрагмы накладывается появившееся при вращении маховичка нижнее изображение участка неба у горизонта, поэтому контраст между щитком-диафрагмой (темная рамка) и видимой через его отверстие поверхностью щита (серый квадрат) уменьшается. Маховичок вращают до тех пор, пока этот контраст станет неразличимым, — «гасят» контраст фоном неба (рис. 10.8 б). Вращать маховичок следует медленно, тотчас же после исчезновения контраста вращение необходимо прекратить, иначе можно «перегасить» контраст и получить неверный результат. В случае сомнения следует вращением маховичка в обратном направлении вернуться к различимому контрасту и затем снова «погасить» его. (На нижнее изображение щитка-диафрагмы, появляющееся при вращении маховичка, не следует обращать внимание.)

Записав показания прибора с точностью до 0,1, еще два раза повторяют измерение.

Далее снимают прибор со штыря-держателя, устанавливают шкалу на нуль и, держа прибор в руке, смотрят через него и отверстие щитка-диафрагмы на однородный участок неба у горизонта (светлый квадрат в темной рамке). Вращая маховичок от нулевого деления шкалы, добиваются, чтобы квадрат исчез (контраст станет неразличимым). Как и при измерениях «по щиту», нельзя «перегашивать» контраст (рис. 10.8). Измерение «по небу» также проводят три раза и записывают.

Обработка результатов наблюдений. Находят  $N$  среднее из трех отсчетов с поправкой на место нуля по формуле (10.6).

Далее, если наблюдения проводились по методу фотометрического сравнения, то в таблице (приложение 8) по исправленному отсчету  $N$  находят относительную дальность видимости  $V$ . Освещение в данном случае учитывать не надо, поскольку щиток-диафрагма и наблюдаемый щит освещены одинаково.

Если наблюдения проводились по методу относительной яркости, отдельно вычисляют исправленный отсчет по щиту  $N_{\text{щ}}$  и исправленный отсчет по небу  $N_{\text{н}}$ . Относительную дальность видимости  $V$  находят в таблице (приложение 9) по округленному значению исправленного отсчета по щиту и отсчету по небу.

Значение  $S_{\text{м}}$  определяется по формуле  $S_{\text{м}} = VI$ , результат округляется в меньшую сторону.

*Пример 1.* Наблюдение проводили методом фотометрического сравнения по ближнему щиту ( $l=35$  м). Получены отсчеты: 36,1, 35,8, 36,5. Поправка на место нуля  $\Delta n_0=0,2$ ;  $N=36,1+0,2=36,3$ . Находим  $V=4,42$ ;  $S_{\text{м}}=4,42 \times 0,035=0,155$  км. Округляя, находим  $S_{\text{м}}=0,1$  км.

*Пример 2.* Наблюдение проводили методом относительной яркости по дальнему щиту ( $l=280$  м), дальность видимости больше 4 км. Отсчеты по щиту: 72,6, 72,9, 73,1;  $\Delta n_0=0,2$ . Отсчеты по небу: 91,5, 91,9, 91,2. Вычисляем по формуле (10.6):  $N_{\text{щ}}=73,1$ ,  $N_{\text{н}}=91,7$ . Находим по таблице (приложение 9)  $V=36$ ,  $S_{\text{м}}=0,28 \times 36=10,1$  км.

Округляя, получим  $S_{\text{м}}=10$  км.

В темную часть суток измерение дальности видимости производится прибором М-53А в комплексе с нефелометрической установкой М-71.

С помощью нефелометра может измеряться степень замутненности атмосферы, определяемая коэффициентом ослабления.

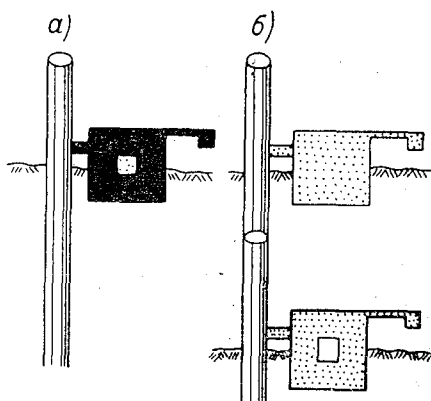


Рис. 10.8.

Метод измерения использует зависимость между прозрачностью (дальностью видимости) и яркостью света, рассеянного воздухом назад к источнику света. Связь дальности видимости  $S_M$  и коэффициента ослабления определяется формулой (10.4а).

Принцип действия установки следующий (рис. 10.9). Мощный пучок света от лампы (фары) 1, частично рассеиваясь атмосферой назад, попадает в нижнее сквозное полукруглое отверстие 2 световой коробки 4. Обращенное к наблюдателю верхнее (несквозное) полукруглое отверстие 3 освещается светом той же фары, попадающим через отверстие 6 и рассеянным стенками световой коробки. Создаются два световых поля. Верхнее полу-

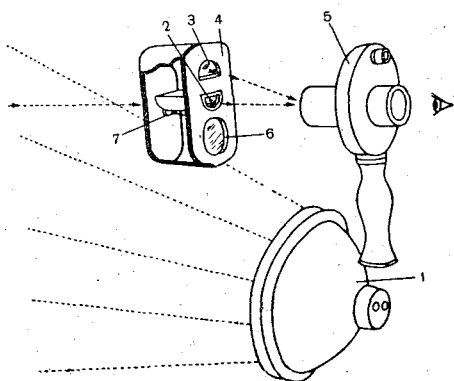


Рис. 10.9.

круглое поле образует эталонную яркость, не зависящую от состояния атмосферы, и нижнее, яркость которого зависит от прозрачности атмосферы. Наблюдатель с помощью поляризационного измерителя видимости 5 сравнивает яркость светового поля 2, созданного рассеянным назад светом, с эталонной яркостью поля, наблюдаемого в отверстие 3. Для этого вращением маховичка измерителя видимости уравнивают яркости изображения полу-

круглых отверстий. По отсчету, соответствующему моменту равенства яркостей, с помощью расчетной формулы или таблицы можно определить метеорологическую дальность видимости.

Установка М-71 (рис. 10.10а) состоит из корпуса 6 (рис. 10.10б), укрепленного на кронштейне 22, фары 20 с механизмом поворота, световой коробки 10 и поляризационного измерителя видимости 17. В корпусе находится лампочка 14, которая служит для подсветки шкалы поляризационного измерителя видимости. Перед световой коробкой расположен козырек 5. При закрытой крышке 1 козырек 5 предохраняет нижнее полукруглое отверстие световой коробки от попадания света от фары. Крышка 1, укрепленная на корпусе на шарнире, в закрытом состоянии удерживается защелками.

Механизм поворота фары позволяет перемещать лампу и смещать световой пучок на некоторый угол. Поворот фары вокруг горизонтальной оси производится вращением винта 2. Поворот фары вокруг вертикальной оси осуществляется вращением винта 4.



Небольшая часть света непосредственно от фары попадает в световую коробку через круглое отверстие 6 (рис. 10.9), закрытое желтым светофильтром. Свет рассеивается в световой коробке и освещает молочное стекло, закрывающее верхнее полукруглое отверстие 3. Это освещенное стекло служит световым полем эталонной яркости.

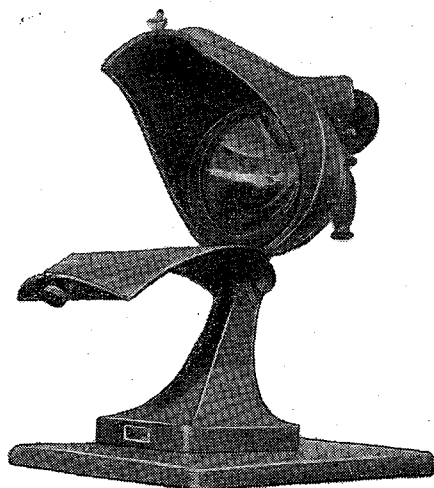


Рис. 10.10а. Нефелометрическая установка.  
Внешний вид.

Яркость этого поля регулируется винтом 7, с помощью которого передвигается заслонка внутри световой коробки. При вращении винта по часовой стрелке эталонная яркость уменьшается, при вращении против часовой стрелки увеличивается. Винт 7 закрывается колпачком (рис. 10.10б).

На световую коробку навинчивается труба 12, которая свободно входит в трубу 13, укрепленную в корпусе. Между световой коробкой и трубой 12 помещен оранжевый светофильтр 11 для уменьшения разности цветовых оттенков сравниваемых полей. Световая коробка крепится к передней части корпуса установки с помощью винтов 9. При установке световую коробку можно перемещать вдоль линии визирования по направляющим 8.

Поляризационный измеритель видимости 17 закрепляется в трубе 13 с помощью зажимного устройства винтом 18. На глазник поляризационного измерителя видимости в соответствии с особенностями зрения наблюдателя надевается одна из пяти насадочных линз 16, входящих в комплект установки. При нормальном зрении используется линза с гравировкой «З». Для

близоруких наблюдателей предназначены две насадочные линзы с гравировкой «1» и «2», для дальнорукх наблюдателей — две линзы с гравировкой «4» и «5».

Корпус установки шарнирно соединен со стойкой и закреплен винтами 21.

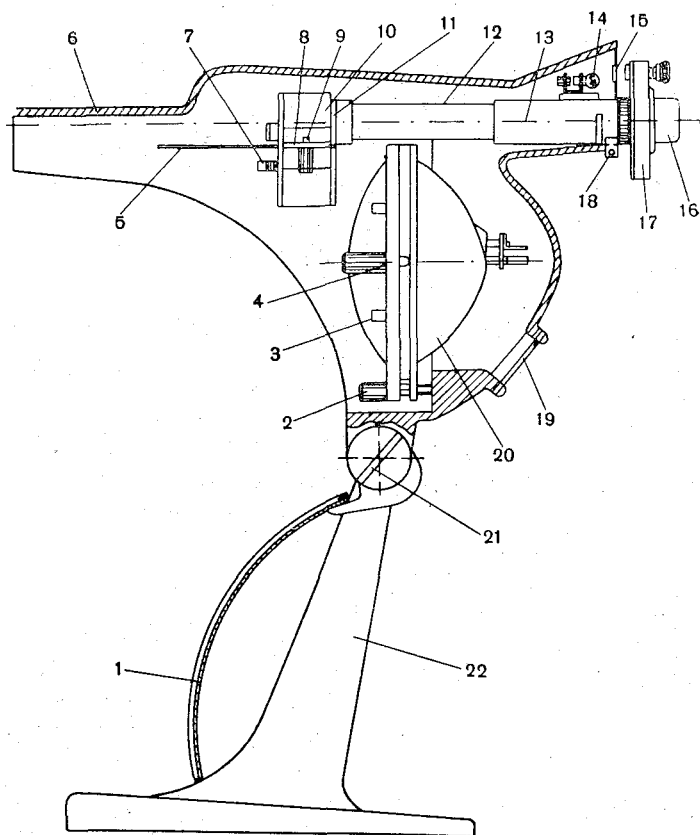


Рис. 10.106. Нефелометрическая установка.  
Общий вид (разрез).

Окно 19 служит вспомогательным источником света, необходимым при записи результатов измерений.

Фара и лампа для подсветки шкалы поляризационного измерителя видимости питаются от сети переменного тока 220 в, 50 гц через блок питания, в котором установлен понижающий трансформатор 220/12 в. Для обеспечения безопасности работы блок питания устанавливается отдельно от прибора.

Питание установки может осуществляться и от батареи постоянного тока напряжением 12 в, допускающей снятие тока

в 8 а. Установка может монтироваться на метеорологической площадке или в помещении, имеющем постоянно открытое окно (не остекленное).

Перед производством измерений необходима темновая адаптация наблюдателя. На поляризационный измеритель видимости устанавливается насадочная линза (подбирается с наибольшим

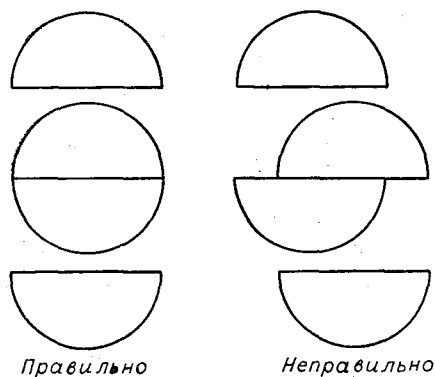


Рис. 10.11. Наблюдаемое поле сравнения.

увеличением по зрению наблюдателя) и открывается крышка установки. Включается питание лампы. Далее следует установить на шкале поляризационного измерителя видимости отсчет, близкий к нулю. При этом в поле зрения прибора видны два светлых полукруга, разделенные темной полосой; верхний полукруг — основное изображение эталонного поля, нижний — основное изображение поля, освещенного рассеянным назад светом. Если вращать маховичок поляризационного измерителя видимости от

нулевого деления к сотому, то при этом ниже основных изображений полей появляются дополнительные изображения. Изображения полей должны быть расположены строго одно над другим (рис. 10.11). Если дополнительные изображения полей сдвинуты относительно основных, надо поляризационный измеритель видимости повернуть на небольшой угол и при получении правильного положения изображений полей закрепить его в трубе винтом 18 (рис. 10.10б).

Дополнительное изображение верхнего полукруга (эталонного поля) должно располагаться над основным изображением нижнего полукруга (поля, освещенного рассеянным назад светом) так, чтобы они вместе образовали полный круг. После этого, вращая маховичок измерителя видимости, следует уравнивать яркости этих двух полей. Для этого, поочередно регулируя яркость нижнего (рис. 10.12 а) и верхнего (рис. 10.12 б) полей, постепенно уменьшают разность яркостей до полного их уравнивания (рис. 10.12 в). При равенстве яркостей полей отсчитывают показания поляризационного измерителя видимости. Затем нарушают это равенство, повернув маховичок измерителя видимости примерно на пол-оборота, снова уравнивают яркости полей и делают отсчет. Всего производится три отсчета ( $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ), называемые отсчетами «по лучу».

Если наблюдения проводятся на фоне достаточно светлого неба (наблюдения в сумерки, при луне, на фоне зари), то не-

обходимо выполнить еще одно наблюдение — по небу, так как при светлом небе к яркости рассеянного назад света добавляется яркость неба; чтобы исключить эту яркость, проводится дополнительное измерение.

При измерении по небу закрывают крышку установки и при закрытой крышке уравнивают яркости полукругов, образующих круг (в этом случае нижний полукруг освещен только небом).

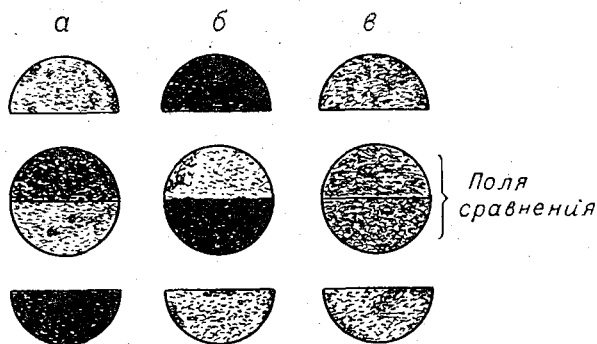


Рис. 10.12.

Уравнивание производится так же, как при работе с открытой крышкой. Берут три отсчета по небу:  $n_1^H$ ,  $n_2^H$ ,  $n_3^H$ , которые также записывают.

По окончании наблюдений следует выключить установку, снять поляризационный измеритель видимости и надеть на установку чехол.

**Обработка результатов наблюдений.** В зависимости от условий естественного освещения при наблюдениях могут быть два случая:

1. Наблюдение по небу не проводилось. В этом случае находят среднее значение из трех отсчетов по лучу, по формуле (10.6) вычисляют  $N$  (обозначают его  $N_{OK}$ ). По полученному значению  $N_{OK}$  с помощью таблицы (приложение 10) находят метеорологическую дальность видимости.

*Пример.* Отсчету  $N_{OK}=36,8$  соответствует дальность видимости  $S_M=2,3$  км.

2. Наблюдение по небу проводилось. В этом случае также находят средний исправленный отсчет из трех отсчетов по лучу  $N_L$  [по формуле (10.6)]. Далее находят средний исправленный отсчет по небу  $N_H$  [по формуле (10.6)] с округлением до 0,5.

По таблице (приложение 11) по значениям  $N_L$  и  $N_H$  определяют поправку на свет неба  $\Delta N$ .

Поправку  $\Delta N$  находят на пересечении строки и столбца, соответствующих исправленным отсчетам по небу и по лучу.

Из исправленного отсчета по лучу  $N_{\text{л}}$  вычитают поправку  $\Delta N$  и результат записывают:  $N_{\text{ок}} = N_{\text{л}} - \Delta N$ .

По таблице (приложение 10) по значению  $N_{\text{ок}}$  находят метеорологическую дальность видимости  $S_{\text{м}}$ .

*Пример.* Отсчеты по лучу: 32,4, 33,0, 32,8; отсчеты по небу: 12,3, 12,6, 12,3;  $\Delta N = 0,2$ ,  $N_{\text{л}} = 32,7$ ,  $N_{\text{н}} = 12,5$ . Находим по приложению 11  $\Delta N = 1,8$ ,  $N_{\text{ок}} = 32,7 - 1,8 = 30,9$ .

По таблице приложения 10  $S_{\text{м}} = 3,5$  км.

Поляризационный измеритель прозрачности — весьма простой прибор. Несложным является и сам процесс производства измерений. Несколько громоздкой является методика вычисления, которая требует применения значительного числа таблиц. Однако при четком выполнении указаний Наставления М-53А обеспечивает достаточную точность измерения дальности видимости.

**Измеритель дальности видимости ИДВ.** Этот прибор разработан В. А. Гавриловым. Он предназначается для измерения метеорологической дальности видимости в светлую часть суток. На рис. 10.13 показаны внешний вид и разрез ИДВ, а на рис. 10.14 — его оптическая схема. Основными узлами ИДВ являются коллиматор, измерительное устройство с клином и зрительная трубка.

Коллиматор состоит из двух объективов — перемещаемого 1 (рис. 10.13 б) и неподвижного 3 — и линзы 2, имеющей круглую черную метку (марку), укрепленную в фокусе объектива 3. Коллиматор обеспечивает создание в поле зрения зрительной трубки изображения черной марки 2 и наблюдаемого объекта, расположенного на любом расстоянии более 3 м от точки наблюдения.

Измерительное устройство предназначено для раздвоения изображений наблюдаемых объектов и ухудшения их видимости до полного исчезновения на данном фоне (исчезновения черной марки на фоне экрана).

Измерительное устройство состоит из оптического ахроматического клина 4 с малым преломляющим углом ( $1,5^\circ$ ) и винтовой пары с кремальерой 8 для линейного перемещения клина 4 относительно входной диафрагмы объектива зрительной трубки. Поступательное перемещение клина зубчатой передачей преобразуется в угловые перемещения диска 7 со шкалами.

На диске расположены две шкалы (рис. 10.13 а): верхняя — непосредственно со значениями метеорологической дальности видимости в километрах и нижняя — для производства градуировки прибора, а также для более точного определения метеорологической дальности видимости, когда это необходимо. Верхняя шкала рассчитана для базы наблюдения 50 м, но может изготавливаться для любого расстояния до экрана.

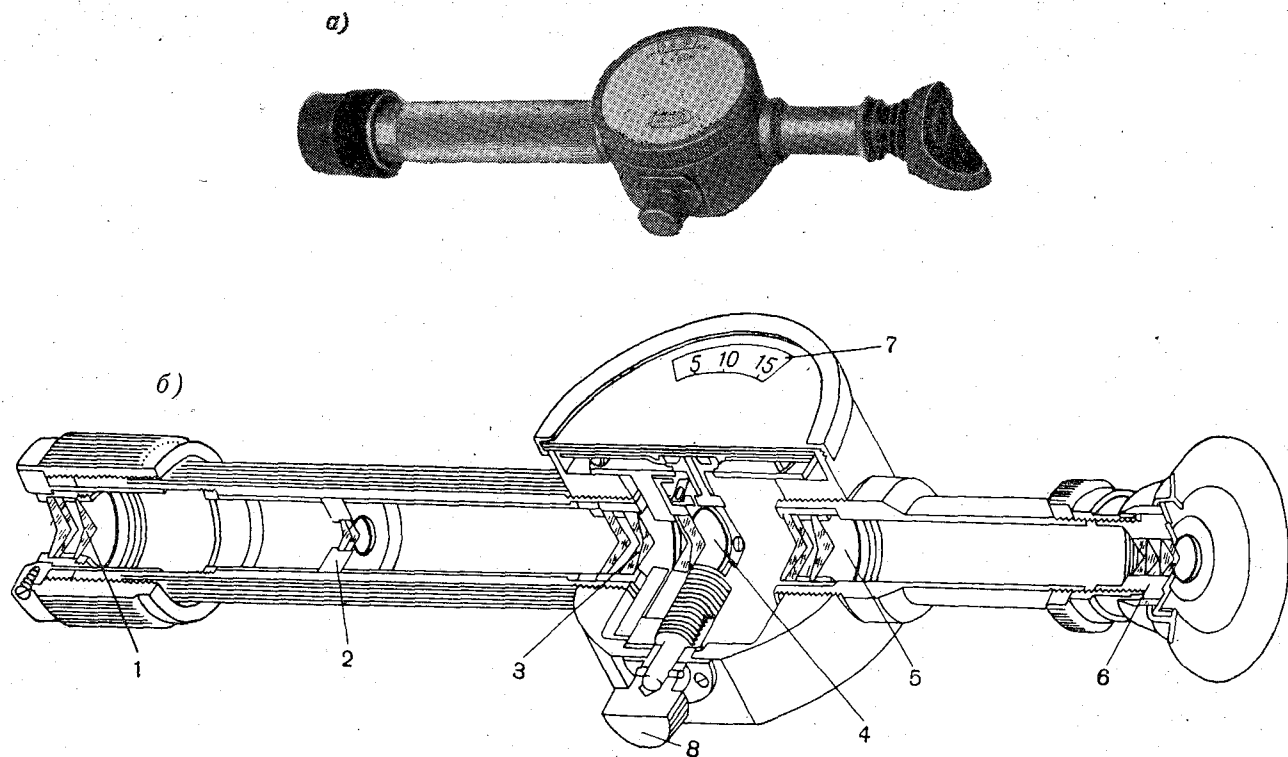


Рис. 10.13. Измеритель дальности видимости.  
*а* — внешний вид, *б* — схематический разрез.

Зрительная трубка состоит из объектива 5 и окуляра 6 и дает возможность одновременно рассматривать через окуляр четкие изображения марки и окружающих предметов.

К прибору придается экран размером  $40 \times 40$  см, покрытый черным бархатом. Этот экран (щиток) устанавливают на столбе в 50 м от точки, из которой производят наблюдения. При выборе азимута наблюдений должны учитываться факторы, ранее указанные при выборе объектов для М-53А. Экран на столбе укрепляется на высоте 1,7—2 м от поверхности земли; верхняя кромка экрана с точки наблюдений может проектироваться несколько ниже открытой линии горизонта.

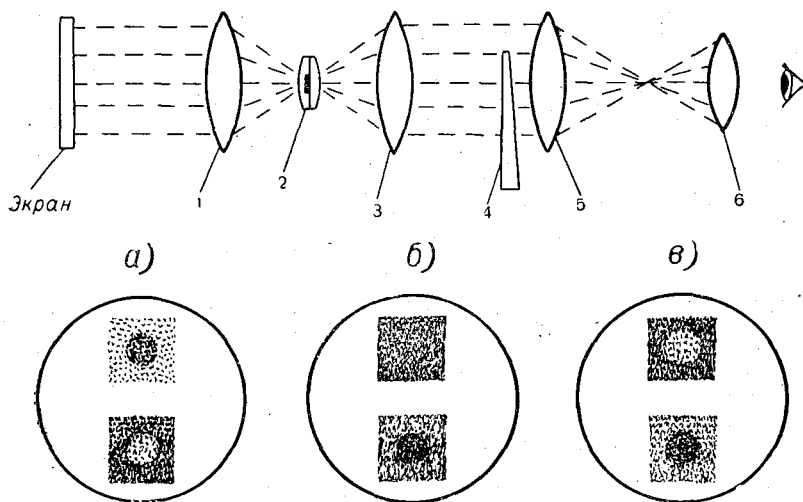


Рис. 10.14. Оптическая схема ИДВ.

Для производства измерений с ИДВ снимают защитные колпачки. Вращением кремальеры устанавливают шкалу на нуль. Прибор, приставленный окуляром к глазу и кремальерой вниз, направляют в произвольную точку небосвода и корректируют четкость изображения марки по своему глазу, вращая окуляр зрительной трубки в ту или иную сторону. Направляют прибор на черный экран и, вращая оправу переднего объектива коллиматора, добиваются четкого изображения черного экрана.

По получении четких изображений марки и экрана держат прибор в руке кремальерой вниз так, чтобы марка проектировалась на черном экране. Медленно вращая кремальеру по часовой стрелке, следят, как марка и экран светлеют и марка становится на фоне экрана все менее и менее заметной. Наблюдения производятся по основному верхнему изображению, на нижнее

внимание не обращается. В момент отсчета марка должна полностью слиться и стать совершенно незаметной на фоне экрана. Чтобы убедиться в полном погашении марки, небольшим наклоном прибора выводят ее на фон неба, снова совмещают с экраном и, если окажется, что на экране марка будет чуть-чуть видна, вращением кремальеры ее снова гасят. Вывод марки на фон неба и обратно на экран повторяют до тех пор, пока марка совершенно не будет видна на фоне экрана. Убедившись в полном погашении марки, по шкале прибора отсчитывают значения метеорологической дальности видимости. Измерения производят три раза. Результаты не должны значительно отличаться друг от друга.

Измерение видимости прибором не производится в следующих случаях:

а) когда по местным предметам может быть уверенно зафиксировано, что видимость меньше 0,3 км,

б) когда по местным предметам может быть уверенно зафиксировано, что видимость больше 10 км (объекты на фоне неба и объекты, находящиеся на расстоянии 1—2 км от наблюдателя, покрыты очень слабой дымкой, из-за горизонта видны вершины облаков и т. д.),

в) в условиях сильной запыленности, когда видимость резко ухудшается.

ИДВ обеспечивает измерение дальности видимости в пределах 0,3—10 км. Погрешность измерения около 15% измеряемого значения.

**Установка для определения и регистрации прозрачности атмосферы в светлое и темное время суток (М-37).** Установка РП (регистратор прозрачности) предназначена для измерения метеорологической дальности видимости у взлетно-посадочной площадки аэродромов. Она основана на принципе измерения с помощью фотоэлемента величины светового потока  $\Phi$ , полученного в результате ослабления строго постоянного светового потока  $\Phi_0$  при прохождении им слоя атмосферы заданной толщины.

Ослабление светового потока  $\Phi_0$  при прохождении слоя атмосферы толщиной  $l$  км при коэффициенте прозрачности атмосферы  $\tau$  определяется согласно выражению

$$\Phi = \Phi_0 \tau^l. \quad (10.9)$$

Фототок  $i$ , получаемый от фотоэлемента, пропорционален световому потоку, попадающему на его приемную поверхность, т. е.

$$i = k\Phi,$$

где  $k$  — постоянная, зависящая от чувствительности фотоэлемента (а также от особенностей оптической системы, с которой



применяется фотоэлемент). На основании последнего равенства выражение (10.9) можно заменить выражением

$$i = i_0 \tau^l. \quad (10.10)$$

Здесь  $i_0$  — фототок, получаемый при воздействии на фотоэлемент светового потока  $\Phi_0$  (или, иначе говоря, фототок при  $\tau=1$ );  $i$  — фототок, получаемый от воздействия на фотоэлемент ослабленного при прохождении слоя атмосферы потока  $\Phi$  (или, иначе, при  $\tau < 1$ ).

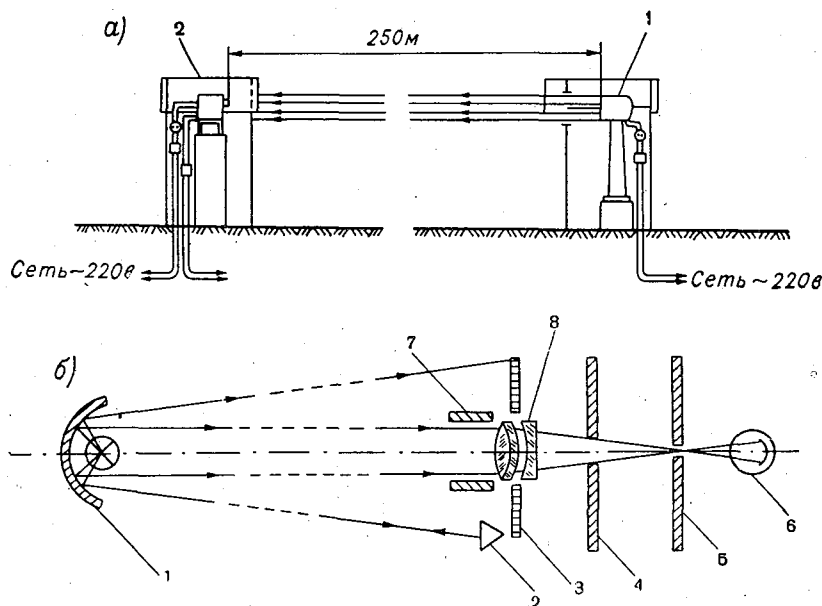


Рис. 10.15. Датчик регистратора прозрачности.  
а — расположение блоков, б — оптическая схема прибора.

Зная  $i_0$ ,  $l$  и измеряя  $i$  из (10.10), определяют

$$\ln \tau = \frac{1}{l} \ln \frac{i}{i_0},$$

а затем, подставляя это значение в (10.4), вычисляют  $S_m$  по формуле

$$S_m = \frac{\ln \varepsilon}{\ln \frac{l}{i_0}}.$$

РП состоит из датчика, указывающего и регистрирующего приборов. Датчик состоит из двух блоков: прожектора и приемно-усилительного блока, устанавливаемых в непосредственной близости от ВПП на расстоянии 250 м друг от друга

(рис. 10.15 а). Регистратор и указатель (допускается последовательное включение нескольких указателей) устанавливаются в помещении (АМСГ, диспетчерской и т. п.); допускается удаление их от датчика на расстояние до 5 км. Оптическая система прибора позволяет применять его для измерения и регистрации метеорологической дальности видимости в светлую и темную часть суток, так как на фотоэлемент, расположенный в приемном блоке, попадают лучи только от блока источника света; попадание же естественного света на фотоэлемент практически исключено.

Параллельный пучок света от блока источника света 1 (рис. 10.15 б) идет вдоль оптической оси объектива 8 приемного блока, проходит через входные зрачки диафрагм 4 и 5 и попадает на фотоэлемент 6. Через малый зрачок диафрагмы 5, расположенный в фокальной плоскости объектива 8, имеющего диафрагму 3 и защищенного блендой 7, могут пройти и попасть на фотоэлемент 6 только лучи, направленные к приемному блоку параллельно оптической оси объектива 8. Лучи, непараллельные оптической оси объектива, не попадут в зрачок диафрагмы 5 и поэтому задержатся ею. Таким образом на фотоэлемент 6 независимо от наличия естественного света попадает свет только от блока источника света. Призма 2 отражает падающие на нее лучи от прожектора строго в обратном направлении к прожектору. Это позволяет при регулировке света прожектора определить (находясь у прожектора), попадают ли его лучи на приемное устройство.

В качестве источника света используется прожектор с лампой накаливания; питание лампы накаливания прожектора подается от сети переменного тока 220 в через стабилизатор и трансформатор, понижающий напряжение ниже номинала питания лампы. Питание лампы током со стабилизированным напряжением ниже номинала накала лампы (лампа работает с недокалом) обеспечивает получение постоянного светового потока  $\Phi_0$  и значительно удлиняет срок службы лампы. В прожекторе имеется устройство для перемещения лампы и создания пучка света нужного направления.

Фототок, возникающий в фотоэлементе под действием света, усиливается с помощью электронного усилителя. Фотоэлемент  $L_8$  (рис. 10.16), фототок которого изменяется в зависимости от величины светового потока, падающего на его катод, включен в цепь сетки мультивибратора на двойном триоде  $L_1$  (6Н7С). Параметры мультивибратора выбраны так, что между величиной светового потока и количеством генерируемых импульсов в единицу времени обеспечивается линейная зависимость. Положительные импульсы с сопротивления нагрузки мультивибратора  $R_5$  поступают на вход триггера с катодной связью, собранного на двойном триоде  $L_2$  (6Н7С). При отсутствии импульсов

с мультивибратора левый триод  $\Lambda_2$  заперт отрицательным напряжением (9 в), снимаемым с катодного сопротивления  $R_7$ . С приходом импульса с мультивибратора левый триод отпирается, а правый начинает запирается, а через время, обусловленное параметрами триггера, схема возвращается в исходное состояние. Выделяющийся на сопротивлении  $R_9$  импульс подается на двухсторонний амплитудный ограничитель, собранный на двойном диоде  $\Lambda_3$  (6Х6С), причем левый диод служит для ограничения амплитуды отрицательного импульса, а правый, на который подано напряжение около 55 в (с сопротивлений  $R_{16}$  и  $R_{17}$ ), ограничивает положительную амплитуду (до величины

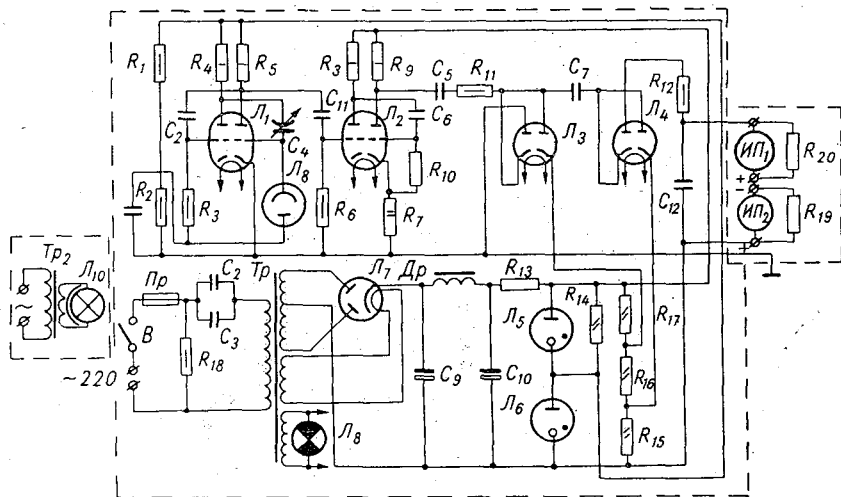


Рис. 10.16. Принципиальная электрическая схема РП.

55 в). Продифференцированные цепочкой, составленной емкостью  $C_7$  и внутренним сопротивлением левого диода  $\Lambda_4$ , импульсы подаются на счетчик импульсов по величине среднего тока, собранного на двойном диоде  $\Lambda_4$  (6Х6С). В цепь правого диода включены последовательно самопишущий милливольтметр  $ИП_1$  и микроамперметр  $ИП_2$ . Эти приборы имеют шкалы, проградуированные в единицах метеорологической дальности видимости. Схема допускает возможность передачи показаний на приборы  $ИП_1$  и  $ИП_2$  на расстояние до нескольких километров по двухпроводной линии связи.

Выпрямитель собран по двухполупериодной схеме на кенотроне  $\Lambda_7$  (6Ц4П). Феррорезонансный силовой трансформатор  $Тр$  при колебаниях напряжения сети от  $-15$  до  $+10\%$  обеспечивает на вторичной обмотке изменение напряжения в пределах не более  $\pm 2\%$ . Дополнительно с помощью двух газовых стабилон

вольт (СГ-3С)  $L_5$  и  $L_6$  стабилизируется выпрямленное анодное напряжение. Стабилизация напряжения обеспечивает независимость результатов измерений с помощью М-37 от колебания напряжения питающей сети. На выходе выпрямителя включен делитель напряжения  $R_{15}$   $R_{16}$   $R_{17}$ , с которого снимаются «подпирающие» напряжения для  $L_3$  и  $L_4$ .

Получаемая на выходе усилителя мощность тока достаточна для производства измерения и регистрации на расстоянии в несколько километров от ВПП по цепи со значительным сопротив-

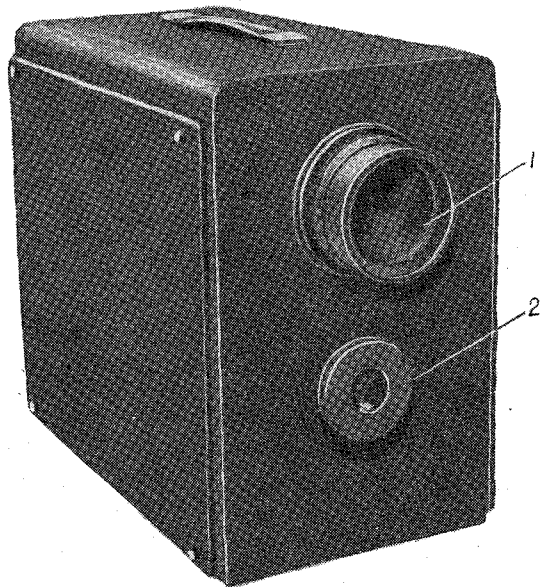


Рис. 10.17. Приемно-усилительная часть датчика РП.

лением (например, по телефонным проводам) с помощью выпускаемых промышленностью магнитоэлектрических приборов. Питание приемного блока осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 в.

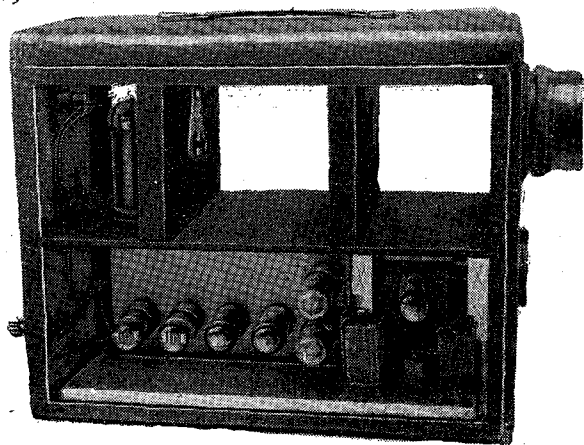
Приемный усилительный блок смонтирован в металлическом корпусе (рис. 10.17), имеющем две боковые съемные стенки. В передней стенке вставлен объектив 1 и несколько ниже под ним — трипль-призма 2. На задней стенке приемной части (на рисунке она не видна) расположены клеммы для подключения указывающего и регистрирующего приборов, штепсельный разъем для подключения прибора к сети переменного тока, предохранитель, выключатель и индикаторная лампочка, которая горит при включенном приборе.

При съемке двух боковых стенок становится возможным про-

изводить регулировку, осмотр и ремонт блока приемной части (рис. 10.18).

В качестве измерительного прибора использован микроампер-

а)



б)

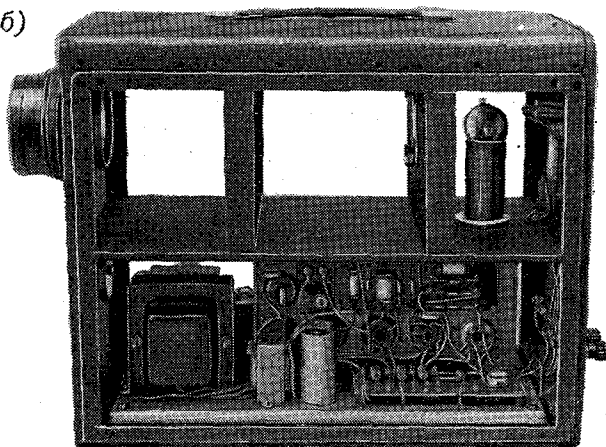


Рис. 10.18. Приемно-усилительный блок со снятыми боковыми стенками.

метр, вмонтированный в устойчивый корпус (рис. 10.19). На микроамперметре нанесены две шкалы: одна (нижняя) имеет 100 равных делений, вторая — деления метеорологической дальности видимости в километрах. Эта шкала неравномерная и отсчеты по ней практически возможны до 20 км. Участок шкалы, соответствующий дальности видимости от 30 до 100 км,

мал (равен всего четырем делениям нижней равномерной шкалы) и закрашен красным цветом.

Регистрирующий прибор двухшкальный с точечной записью. Верхняя шкала имеет 100 равных делений, нижняя — деления метеорологической дальности видимости в километрах аналогично шкале видимости на измерительном приборе.

Блок источника света и приемно-усилительный блок устанавливаются на бетонных тумбах (фундамент которых закладывается ниже слоя промерзания почвы, что обеспечивает сохранение юстировки установки) и помещаются для защиты от атмосферных осадков в двух защитных будках, обращенных друг

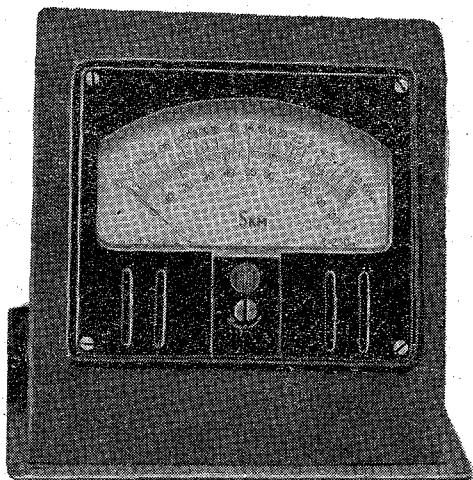


Рис. 10.19. Указывающий прибор РП.

к другу круглыми окнами для прохода пучка света. После монтажа установка юстируется. Юстировку следует делать в темную часть суток. Она состоит в получении от блока источника света параллельного пучка света<sup>1</sup> возможно большей интенсивности, направленного на приемный блок, и в установке диафрагмы 5 (рис. 10.15) в фокальной плоскости объектива, при этом изображение прожектора получается несколько большим зрачка диафрагмы и образует вокруг него светлое узкое кольцо. После этих операций нужно добиться максимально возможного отключения стрелок указывающего и регистрирующего приборов.

Окончательная юстировка должна производиться в условиях хорошей видимости ( $S_m > 30$  км), когда регулировкой диафрагмы объектива добиваются отклонения стрелок приборов на середину

<sup>1</sup> Получить строго параллельный пучок обычно не удастся, он всегда несколько расходящийся.

сплошной красной полосы в конце шкалы (30—100 км). Не реже одного раза в две недели следует проверять правильность показаний прибора.

Проверку надо делать при хорошей видимости ( $S_m \geq 30$  км). Стрелки приборов в это время должны стоять примерно посередине красной сплошной полосы в конце шкалы ( $S_m > 30$  км).

Установка предназначена для измерения дальности видимости в условиях малой прозрачности атмосферы. При измерении дальности видимости до 5 км она обеспечивает точность  $\pm 10\%$ , с увеличением дальности видимости погрешность измерения растет. Измерение дальности видимости свыше 15 км с помощью этой установки дает ориентировочные значения (погрешность более 30%).

**Регистратор дальности видимости (РДВ-1).** РДВ-1 является более совершенным регистратором прозрачности. Он не требует таких капитальных сооружений для установки, как М-37. Его показания не зависят от колебаний интенсивности контрольного светового потока ( $\Phi_0$ ).

Дальность видимости с помощью РДВ-1 измеряется путем сравнения двух световых потоков, полученных от одного и того же источника света. Интенсивность одного потока ( $\Phi$ ) измеряется после прохождения им слоя атмосферы определенной толщины. Интенсивность второго потока ( $\Phi_0$ ) измеряется непосредственно у источника.

Интенсивность первого потока зависит от мощности источника излучения, прозрачности и толщины слоя атмосферы, интенсивность второго — только от мощности источника (и площади зрачка, регулирующей его диафрагмы).

Измерение потока  $\Phi$  в РДВ-1 производится путем компенсации его действия на фотоэлемент потоком  $c\Phi_0$ , где  $c$  — величина, зависящая от размера зрачка измерительной диафрагмы (т. е. регулируется диафрагмой) и являющаяся основным параметром шкалы прибора.

Источником света в РДВ-1 является лампа накаливания. Интенсивность обоих потоков ( $\Phi$  и  $c\Phi_0$ ) измеряется (сравнивается) с помощью одного и того же фотоэлемента. Прибор автоматически вырабатывает значение дальности видимости  $S_m$ . В основу его шкал заложены формулы (10.4) и (10.9), из кото-

рых следует, что  $S_m = \frac{\ln \varepsilon}{\ln \frac{\Phi}{c\Phi_0}} l$ , или, подставляя вместо  $\Phi$  его значение  $c\Phi_0$ , получаем

$$S_m = \frac{\ln \varepsilon}{\ln c} l.$$

Из этой формулы следует, что показания РДВ-1 не зависят

от колебаний интенсивности излучения лампы накаливания и чувствительности фотоэлемента, применяемых в РДВ-1.

РДВ-1 обеспечивает возможность измерения дальности видимости в дневное и ночное время.

Для исключения влияния на результаты измерения дневного света оба пучка света модулируются. Модуляция пучков света

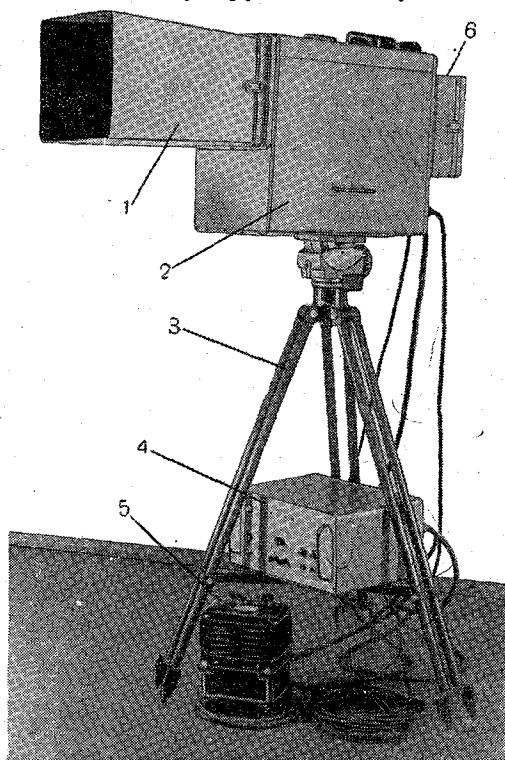


Рис. 10.20. Основной блок датчика РДВ-1.

и посылка их на фотоэлемент происходят со сдвигом таким образом, что вызванные ими электрические сигналы от фотоэлемента поступают на вход применяемого в РДВ-1 усилителя поочередно, со сдвигом по времени.

При выравнивании потоков (компенсации) сигналы, поступающие на вход усилителя от фотоэлемента, под воздействием обоих потоков окажутся одинаковыми по амплитуде и на выходе усилителя сигнал будет равен нулю, что и будет признаком полной компенсации действия световых потоков (далее это будет рассматриваться подробнее).

РДВ-1 состоит из датчика, блока питания, регистратора с пультом дистанционного управления, двух указывающих при-



боров и соединительных кабелей. В комплект РДВ-1 входят также стабилизатор напряжения и автотрансформатор, через которые осуществляется питание РДВ-1 от сети переменного тока 127/220 в.

Датчик состоит из трех блоков — основного фотометрического блока 2, блока питания 4 со стабилизатором 5 (рис. 10.20) и отражателя (рис. 10.21).

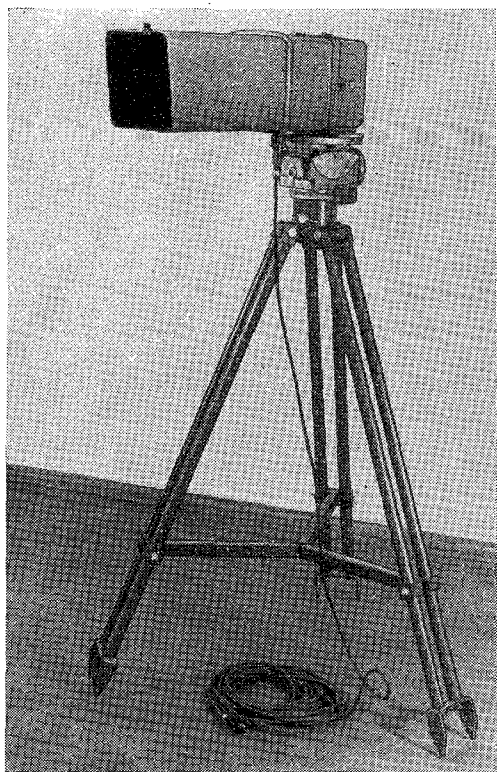


Рис. 10.21. Отражатель датчика РДВ-1.

Основной блок и отражатель в рабочем состоянии устанавливаются на специальных треногах 3 на расстоянии 100 м друг от друга. Тренога имеет поворотную головку, которая позволяет при установке РДВ-1 с помощью рукояток плавно поворачивать укрепленный на треноге блок в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

На рис. 10.22 показана оптическая схема РДВ-1. В основном блоке находится источник света, оптические узлы для получения двух пучков света (зондирующего и контрольно-измеритель-

ного), модулятор света, фотоэлемент, измерительная диафрагма и вспомогательные оптические устройства.

В отражателе расположены отражательные трипль-призмы  $Пр_5$ . Зондирующий пучок света, предназначенный для прохождения через слой атмосферы, создается лампой  $ЛН$  (лампа накаливания) с помощью объективов  $Л_1$  и  $Л_2$  и фокусируется в плоскости диска модулятора  $М$ . Призма  $Пр_2$  поворачивает

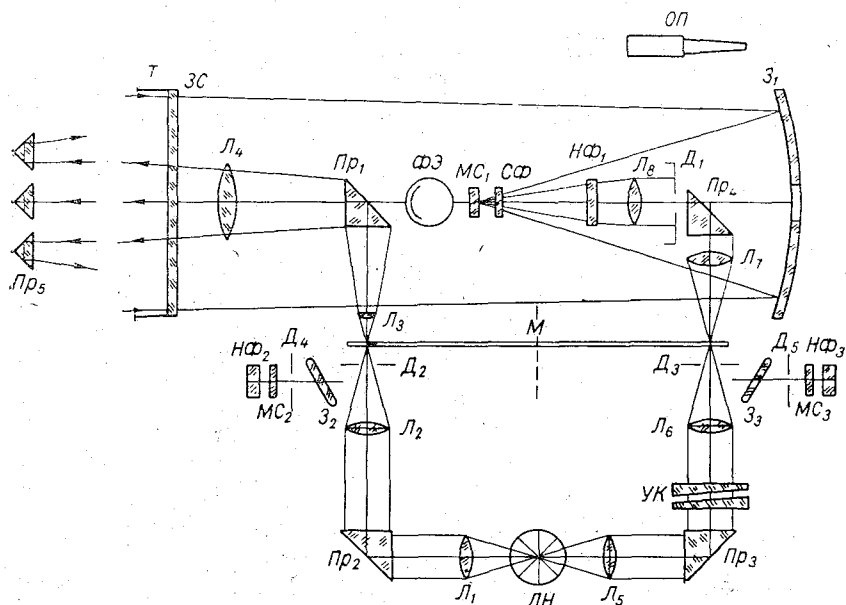


Рис. 10.22. Оптическая схема РДВ-1.

пучок на  $90^\circ$ . Пучок ограничивается диафрагмой  $Д_2$  и после модулятора попадает на линзу  $Л_3$ , затем на призму  $Пр_1$ , преломляется призмой  $Пр_1$  на  $90^\circ$  и проходит через объектив  $Л_4$ , который превращает его в параллельный (вернее, несколько расходящийся — угол расхождения  $2^\circ$ ) и направляет через защитное стекло  $ЗС$  через атмосферу до отражателя на трипль-призмы  $Пр_5$ .

Большая часть светового пучка после отражения от призм (так как пучок расходящийся, часть его не попадает на отражатель) возвращается им назад через слой атмосферы к основному блоку. Пучок вновь проходит защитное стекло  $ЗС$  и попадает на вогнутое зеркало  $З_1$ , отражается от зеркала и сходящимся пучком проходит корректирующий светофильтр  $СФ$  и освещает молочное стекло  $МС_1$ , находящееся в фокальной плоскости зеркала  $З_1$ . Молочное стекло  $МС_1$  рассеивает пучок света и освещает фотоэлемент  $ФЭ$ . Светофильтр  $СФ$  служит для ослабления

падающего сюда дневного света и подгонки спектральной чувствительности фотоэлемента к спектральной чувствительности человеческого глаза.

Защитный тубус (бленда)  $T$  (1 на рис. 10.20) предназначен для защиты от попадания в прибор прямых солнечных лучей, а также для защиты стекла передней стенки от попадания на него осадков.

Контрольно-измерительный пучок, являющийся мерой для измерения интенсивности зондирующего пучка, создается лампой  $ЛН$  и формируется объективом  $Л_5$ , преломляется призмой  $Пр_3$ , формируется линзой  $Л_6$ , проходит установочные клинья  $УК$ , диафрагму  $Д_3$ , фокусируется в плоскости диска модулятора  $М$ , попадает на объектив  $Л_7$ , в виде параллельного пучка попадает на призму  $Пр_4$ , преломляется ею на  $90^\circ$ , проходит через измерительную диафрагму  $Д_1$  и с помощью объектива  $Л_8$  направляется через нейтральный фильтр  $НФ_1$  и светофильтр  $СФ$  и фокусируется на молочном стекле  $МС_1$ , которое рассеивает его, освещая фотоэлемент  $ФЭ$ .

Нейтральный фильтр  $НФ_1$  служит для ослабления пучка света (он слишком интенсивен). С помощью установочных клиньев  $УК$  при первичной регулировке прибора в условиях высокой прозрачности атмосферы ( $S > 30$  км) при раскрытой диафрагме  $Д_1$  интенсивность контрольно-измерительного пучка делается равной интенсивности измерительного пучка. Измерительная диафрагма служит для уравнивания интенсивности контрольно-измерительного пучка света с интенсивностью зондирующего пучка.

Зрачок измерительной диафрагмы имеет форму сектора, через который проходит пучок света. Зрачок перекрывается поворачивающимся на оси полудиском. Ось вращения полудиска совпадает с оптической осью пучка света. Так как круглое световое поле, создаваемое пучком, симметрично относительно центра, то величина потока, прошедшего через диафрагму (открытую часть ее зрачка), будет прямо пропорциональна площади открытой части зрачка, которая линейно изменяется в зависимости от угла  $\alpha$  поворота подвижного диска и его оси. Таким образом, угол поворота оси является линейной мерой интенсивности контрольно-измерительного пучка света. При измерениях интенсивность контрольно-измерительного пучка света с помощью диафрагмы  $Д_1$  делается равной интенсивности зондирующего пучка  $c\Phi_0 = \Phi$ , которая пропорциональна прозрачности атмосферы. Следовательно, угол  $\alpha$  в приборе является мерой измерения прозрачности атмосферы.

В приборе имеется оптический прицел  $ОП$  для наводки основного блока и отражателя датчика друг на друга и ряд приспособлений для юстировки прибора. Для контроля правильности установки лампы накаливания  $ЛН$  имеются зеркала  $З_2$  и  $З_3$ ,

диафрагмы  $D_4$  и  $D_5$ , матовые стекла  $MC_2$  и  $MC_3$  и нейтральные фильтры  $H\Phi_2$  и  $H\Phi_3$ . При юстировке это приспособление ставится так, что оно оказывается в световом поле пучков. Если лампа установлена правильно, прибор отъюстирован, на стеклах  $MC_2$  и  $MC_3$  появляется четкое изображение нитей лампы.

Модулятор представляет собой диск с зубцами, вращаемый мотором с постоянной скоростью. Диск имеет широкие зубцы (по  $60^\circ$ ), чередующиеся с зубчатой гребенкой — узкими зубцами, занимающими вместе с просветами между ними также  $60^\circ$ . При

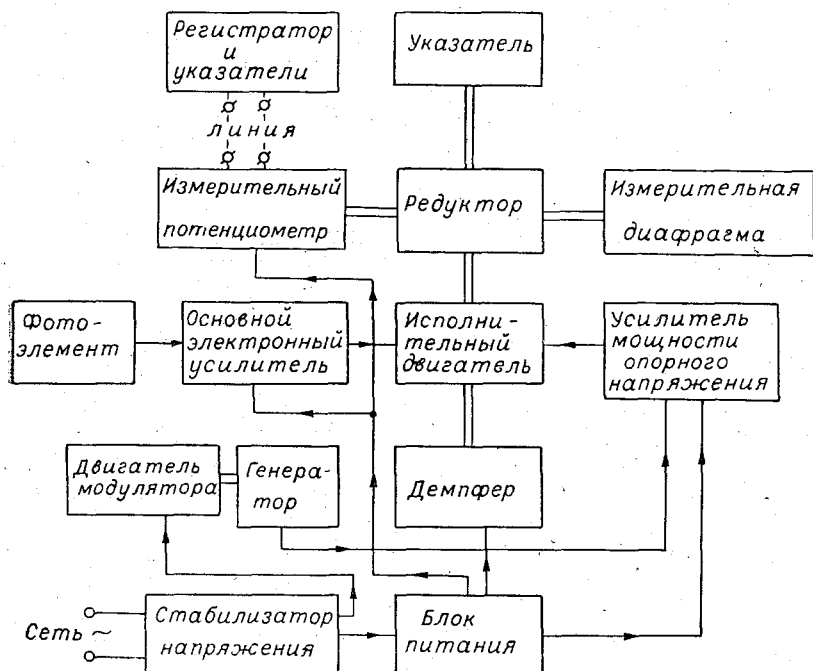


Рис. 10.23. Блок-схема РДВ-1.

вращении диск своими широкими зубцами поочередно перекрывает то зондирующий, то контрольный пучок света. Во время перекрытия широким зубцом одного пучка второй будет перекрываться гребенкой — узкими зубцами. При этом на фотоэлемент будут импульсами падать свет то одного, то другого пучка. Диск модулятора вращается со скоростью 50 об/сек (3000 об/мин). В каждой гребенке, занимающей  $60^\circ$  ( $1/6$  оборота), 10 зубцов.

Таким образом, модуляция света производится двумя частотами:  $50 \cdot 6 = 300$  гц (большими зубцами) и  $50 \cdot 6 \cdot 10 = 3000$  гц (малыми).

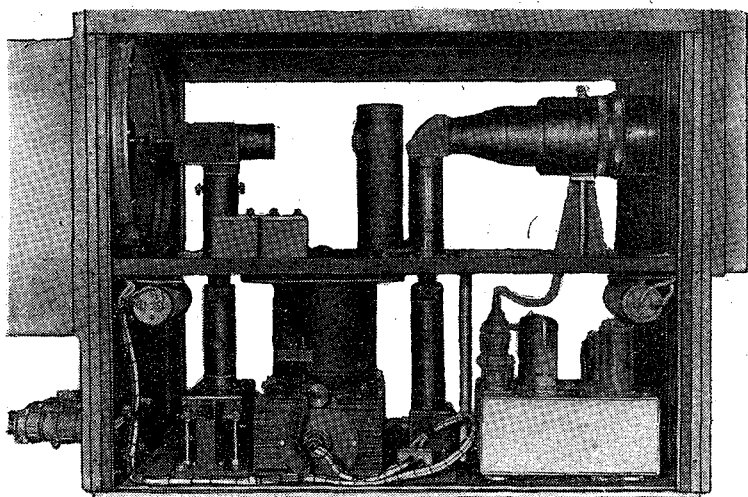
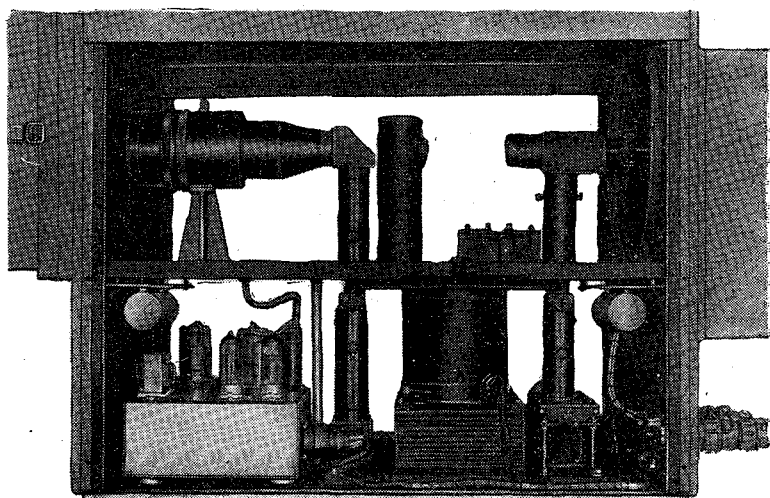


Рис. 10.24. Основной блок датчика РДВ-1 со снятыми боковыми стенками.

Посылка импульсов света на фотоэлемент вызывает импульсы фототока с амплитудой, пропорциональной интенсивности света. При равных интенсивностях обоих световых пучков возбуждаемая частота фототока равна 3000 гц, при неравенстве частота модуляции фототока по амплитуде оказывается равной 300 гц.

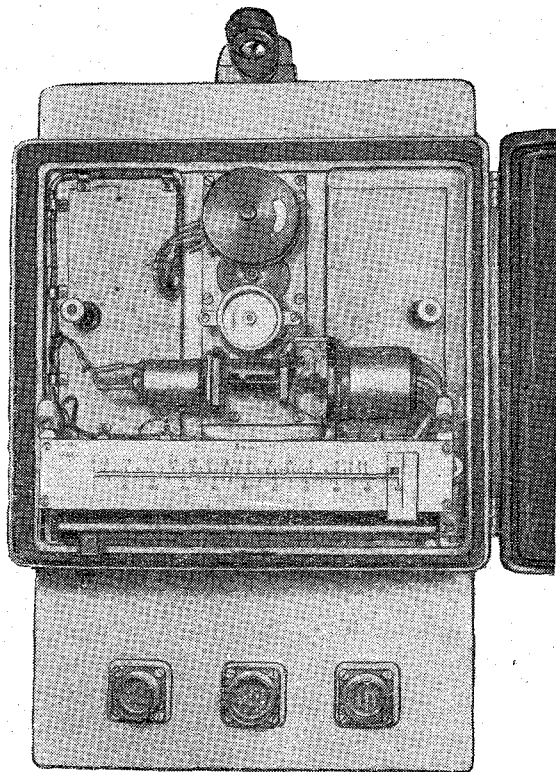


Рис. 10.25. Указатель и измерительный потенциометр основного блока.

На рис. 10.23 приведена блок-схема РДВ-1 (за исключением блока отражателя).

Основной блок смонтирован в герметизированном корпусе со съемными боковыми стенками (для удобства монтажа, настройки, проверки и т. п.) (рис. 10.24). Внутри корпуса имеются несколько плат—шасси, на которых смонтированы оптические, электромеханические и электронные узлы блока. В передней стенке корпуса через резиновое уплотнение вставлено плоскопараллельное стекло. К задней стенке укреплен кожух 6 (рис. 10.20), в котором расположены указатель (рис. 10.25) со

шкалой и измерительный потенциометр датчика для дистанционной передачи показаний на указывающие и регистрирующий приборы. Там же имеются лампочки, которые в случае необходимости освещения шкал могут быть включены с помощью тумблера (кожух закрывается крышкой). На задней стенке укреплены три штепсельных разъема для подключения кабелей, идущих от блока питания к регистратору и указателям. Вверху виден оптический прицел.

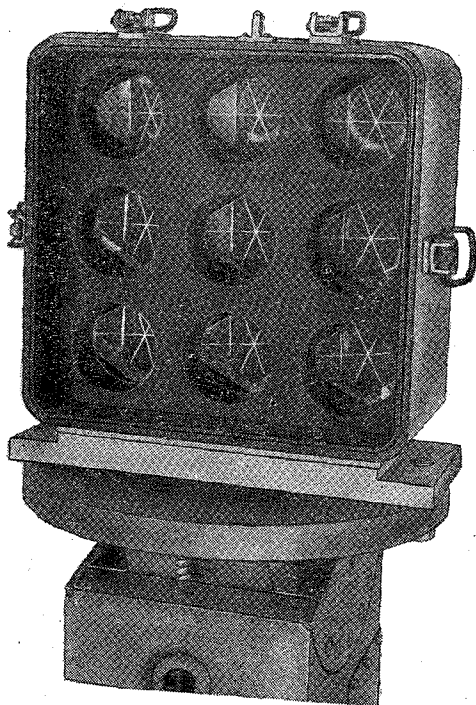


Рис. 10.26. Отражатель со снятыми диафрагмами и блендой.

В отражателе смонтированы отражательные призмы (9 штук), они вставлены в оправе, которая крепится к корпусу отражателя (рис. 10.26). Перед призмами установлены диафрагмы и бленды. Бленды собраны в съемной оправе, которая крепится к корпусу с помощью замков. В оправе с блендами имеется обогреватель для обогрева призм. Это делается для того, чтобы их температура была несколько выше температуры воздуха, чем исключается конденсация на них влаги (отпотевание) из воздуха.

Блок питания 4 (рис. 10.20) смонтирован на прямоугольном шасси, установленном в кожухе. На его передней панели находятся предохранители, индикаторная лампочка, переключатель

и клеммы для подключения контрольного прибора, клеммы для подключения линии связи к измерительным приборам и пульту дистанционного управления, тумблеры включения питания и обогрева датчика и включения линии дистанционного управления.

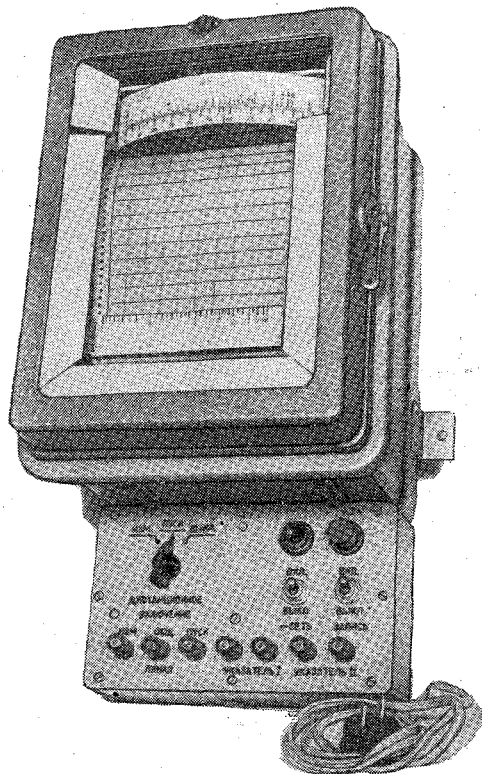


Рис. 10.27. Регистратор РДВ-1.

На передней панели выведены гнезда для включения измерительных приборов с целью контроля режимов работы отдельных цепей и ось реостата (под съемным колпаком) для регулировки максимального тока в измерительной цепи линии связи.

На задней стенке блока выведены штепсельные разъемы для подключения кабелей. Блок питания крепится к нижней части штатива, на котором устанавливается основной блок.

Регистрирующий прибор (рис. 10.27) представляет собой самописец типа МСЩПр-01-18 со шкалой в единицах дальности видимости (в километрах). На корпусе регистратора укреплен пульт дистанционного управления. На передней панели пульта имеется трехпозиционный переключатель для дистанционного включения датчика, тумблеры для включения питания мотора и



лентопротяжного механизма регистратора, три пары клемм для подключения линии связи и двух указывающих приборов (если указывающие приборы не подключены, клеммы закорачиваются), индикаторная лампочка и предохранитель.

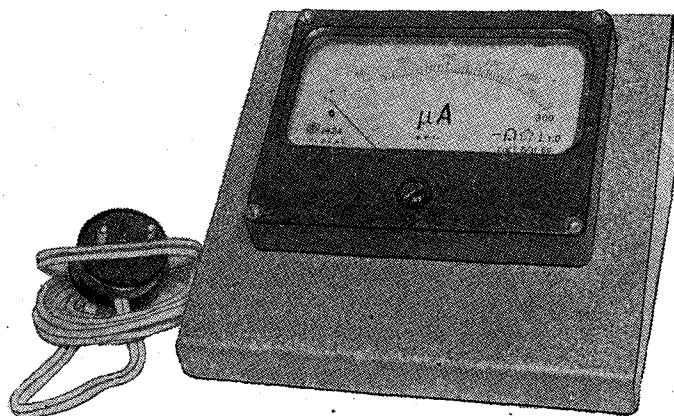


Рис. 10.28. Измерительный прибор.

Указывающие приборы представляют собой микроамперметры типа М-24 со шкалой в единицах дальности видимости, вставленные в устойчивый корпус, удобный для установки на столе (рис. 10.28).

## ГЛАВА II

### ИЗМЕРЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ВОДЫ

#### Радиоактивность и свойства радиоактивных излучений

Изучение радиоактивности внешней среды, обусловленной наличием искусственных радиоактивных веществ, имеет научное и практическое значение.

Искусственные радиоактивные изотопы встречаются в атмосфере, в почве, в воде морей и океанов, рек и озер в очень малых количествах. Повышение содержания радиоактивных изотопов или изменение их качественного состава неблагоприятно влияет на протекающие в природе жизненные процессы. Поэтому необходимо знать степень радиоактивной загрязненности внешней среды.

В настоящем разделе приводятся краткие сведения о радиоактивности, единицах, в которых она измеряется, способах отбора проб и отдельных радиометрических приборах.

Важнейшими характеристиками элемента являются его порядковый номер в таблице Менделеева и масса атома. Порядковый номер элемента в таблице Менделеева показывает число протонов в ядре атома и соответственно число электронов, вращающихся вокруг него.

Почти вся масса атома сосредоточена в ядре и близка к сумме масс, составляющих ядро протонов и нейтронов. Поэтому число протонов и нейтронов в ядре принято называть массовым числом ( $A$ ).

Если известно массовое число элемента  $A$  и его порядковый номер  $Z$ , то можно определить число нейтронов  $N$ :

$$N = A - Z.$$

Оказывается, что большинство атомов отдельных элементов (простых веществ), имея один и тот же порядковый номер, могут иметь различные массовые числа. Это указывает на то, что

количество нейтронов в ядре атомов этих элементов различно. Такие атомы называются изотопами.

Большинство природных химических элементов представляет смесь двух и большего числа изотопов. Например, природный кислород состоит из изотопов с массовым числом 16, 17 и 18.

В ядерной физике обозначают различные изотопы одного и того же химического элемента символом элемента с указанием порядкового номера и массового числа. Например, три изотопа водорода — водород, дейтерий и тритий — можно соответственно обозначить:  $H^1$ ,  $H^2$  и  $H^3$ .

**Радиоактивность.** Изотопы элементов бывают устойчивыми и неустойчивыми (радиоактивными). Ядра радиоактивных изотопов с течением времени самопроизвольно распадаются (радиоактивный распад) и превращаются в ядра изотопов других элементов. Радиоактивный распад сопровождается радиоактивными излучениями — вылетом из ядра заряженных частиц и квантов (порций) энергии.

Различают естественные и искусственные радиоактивные изотопы. Естественные изотопы, встречающиеся в природе:  $K_{19}^{40}$ ,  $Rb_{37}^{87}$ ,  $U_{92}^{238}$  и т. д.

В настоящее время радиоактивные изотопы в больших количествах получают в атомных реакторах в результате облучения стабильных изотопов нейтронами или в результате деления тяжелых атомов урана, плутония. Изотопы могут быть получены с помощью ускорителей разных типов.

Экспериментальные взрывы термоядерных устройств являются также источниками большого количества радиоактивных изотопов.

**Радиоактивные излучения.** Радиоактивные излучения в большинстве случаев испускаются ядрами атомов в момент их самопроизвольного превращения в ядра других элементов. Эти излучения состоят из  $\alpha$  и  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -квантов. Энергию  $\alpha$  и  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -квантов измеряют в электронвольтах (эв). Электронвольт — это такое количество энергии, которое получает электрон в ускоряющем электрическом поле, пройдя разность потенциалов в 1 в:

$$1 \text{ эв} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ дж} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ эрг} = 1,632 \cdot 10^{-20} \text{ кгм.}$$

Альфа-частица представляет собой ядро атома гелия, т. е. частицу, состоящую из двух протонов и двух нейтронов, имеющую заряд, равный двум единицам положительного электричества, и массовое число, равное четырем.

Проходя через вещество,  $\alpha$ -частицы, обладая относительно большим электрическим зарядом ( $Z=2$ ), взаимодействуют с электронами атомов среды, вызывая их ионизацию (потерю электронов). Альфа-излучение обладает большой ионизирующей, но малой проникающей способностью.

Второй вид излучений —  $\beta$ -частицы — это поток электронов. Проходя через вещество,  $\beta$ -частица взаимодействует с электронами оболочек атома. Бета-частица обладает значительно меньшей по сравнению с альфа-частицей ионизирующей, а следовательно, большей проникающей способностью.

Гамма-лучи (кванты) представляют собой электромагнитные колебания с большей частотой колебаний и меньшей длиной волны, чем у рентгеновских. Проникающая способность  $\gamma$ -квантов в веществе очень велика. Активность радиоактивного вещества характеризуется количеством распадов ядер данного вещества в единицу времени.

За единицу активности принято одно кюри, равное  $3,7 \cdot 10^{10}$  распадов в одну секунду.

Более мелкими единицами активности являются милликюри (мкюри) и микрокюри (мккюри):

$$1 \text{ кюри} = 10^3 \text{ мкюри} = 10^6 \text{ мккюри}.$$

Концентрация радиоактивных веществ в воздухе, воде и т. д. измеряется в кюри/л или кюри/м<sup>3</sup>, а на почве — в кюри/см<sup>2</sup>, кюри/м<sup>2</sup> или кюри/км<sup>2</sup>.

Для характеристики ионизирующих излучений вводится понятие дозы, под которой понимают количество энергии, поглощенное единицей объема облучаемой среды за все время облучения (поглощенная доза), или количество энергии, которое создает определенную величину электрического заряда в единице объема облучаемой среды за все время облучения (доза облучения).

Поглощенная доза  $D_n$  связана с дозой облучения  $D_o$  в области  $\gamma$ -лучей средней жесткости соотношением

$$D_n = f D_o,$$

где  $f$  — коэффициент, зависящий от ряда факторов, в том числе от плотности облучаемой среды.

В дальнейшем изложении употребляется только понятие «доза облучения».

Единицей дозы облучения рентгеновского излучения или  $\gamma$ -излучения называется доза в один рентген ( $p$ ), при которой в 1 см<sup>3</sup> сухого воздуха при 0°С и нормальном давлении образуется  $2,08 \cdot 10^9$  пар ионов, обладающих одной электростатической единицей заряда каждого знака (1 CGS).

Более мелкими единицами для дозы облучения являются миллирентген ( $mp$ ) и микрокюри ( $мкр$ ):

$$1p = 10^3 \text{ мр} = 10^6 \text{ мкр}.$$

Доза, отнесенная к единице времени, называется мощностью дозы облучения или мощностью дозы. Мощность дозы выражается в рентгенах в единицу времени.

Связь между единицами мощности дозы:

$$1 \text{ р/час} = 10^3 \text{ мр/час} = 10^6 \text{ мкр/час}.$$

Вместо выражения «мощность дозы» употребляют также выражение «уровень радиации».

Иногда для  $\gamma$ -излучения применяется единица миллиграмм-эквивалент радия.

Под миллиграмм-эквивалентом радия понимают активность радиоактивного препарата,  $\gamma$ -излучение которого при данной фильтрации и при одинаковых условиях измерения создает ту же мощность дозы, что и  $\gamma$ -излучение 1 мг радия государственного эталона радия СССР при платиновом фильтре 0,5 мм.

Связь между мощностью дозы от точечного источника и его активностью в миллиграмм-эквивалентах радия определяется соотношением

$$P = \frac{M \cdot 8,4}{R^2 \cdot 10^4},$$

где  $M$  — активность изотопа (мг-экв радия);  $P$  — мощность дозы (р/час);  $R$  — расстояние от источника до места облучения (рабочее место) (м); 8,4 —  $\gamma$ -постоянная радия.

Связь между мощностью дозы и активностью точечного источника

$$P = \frac{QK}{R^2 \cdot 10^4},$$

где  $Q$  — активность источника (мкюри);  $K$  — полная  $\gamma$ -постоянная данного изотопа (берется из таблиц).

По Международной системе единиц (СИ) в качестве единицы измерения дозы облучения предлагается использовать к/кг, а для мощности дозы — а/кг.

Между действующими и предложенными единицами измерения существует следующая связь:

$$\begin{aligned} 1 \text{ р} &= 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ к/кг}, \\ 1 \text{ р/час} &= 7,1 \cdot 10^{-8} \text{ а/кг}. \end{aligned}$$

## Методы отбора проб аэрозолей, выпадений, почвы и воды

### Пробы аэрозолей

Существует ряд методов сбора проб радиоактивных продуктов, попадающих в атмосферу, почву и воду. Применение каждого из этих методов обуславливается техническими возможностями, назначением пробы и эффективностью самого метода.

**Отбор проб для определения концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы.** Из существующих способов чаще всего применяется метод фильтрации воздуха через ткань с помощью фильтровентиляционной установки (ФВУ) (рис. 11.1).

Принцип действия ФВУ состоит в том, что вентилятор протягивает воздух в течение установленного времени (например, в течение 10 час) через фильтрующую ткань, закрепленную на фильтродержателе.

Фильтровентиляционная установка состоит из вентилятора 2 с мотором 1, фильтродержателя 3 (с фильтрующей тканью 4), воздуховода, устройства для определения расхода воздуха и пускового устройства.

В качестве фильтрующей ткани применяют обычно ФПП-15 или ФПА-15.

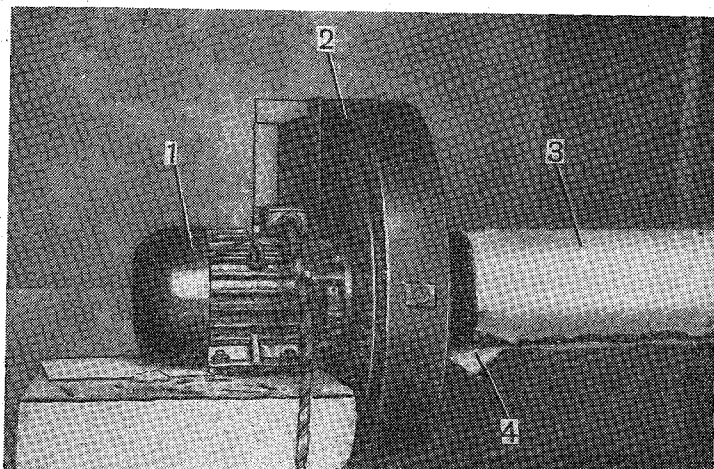


Рис. 11.1. Фильтровентиляционная установка.

Выбор типа электровентилятора для ФВУ определяется необходимостью набрать такое количество радиоактивных веществ, которое можно было бы проанализировать с достаточной точностью. Кроме того, принимается во внимание доступная мощность электрической сети и максимально допустимый размер фильтра. Например, пусть требуется набрать  $1 \cdot 10^{-9}$  кюри радиоактивного вещества, средняя концентрация радиоактивных аэрозолей  $—5 \cdot 10^{-14}$  кюри/м<sup>3</sup>; тогда для одной пробы нужно протянуть через фильтр

$$Q = \frac{1 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-14}} = 2 \cdot 10^4 \text{ м}^3.$$

При работе ФВУ в течение 12 час такой объем могут, например, пропустить электровентиляторы ЭВ-54/25-1 и 19ЦС-48.

**Расчет площади фильтра.** Табличная производительность для каждого электровентилятора может быть получена только при правильном подборе площади фильтра.

При прохождении потока воздуха  $q$  м<sup>3</sup>/сек через фильтр по обеим его сторонам создается перепад давления  $H$ . При одном и том же перепаде давления производительность электровентилятора будет зависеть от площади фильтра.

Простым расчетом можно найти такую площадь фильтра  $S$ , проходя через которую поток воздуха  $q$  м<sup>3</sup>/сек создает перепад давления  $H$  мм вод. ст.

По паспортным данным, ФПП-15 и ФПА-15 при протягивании через них воздуха со скоростью 1 см/сек создают перепад давления 1,5—2 мм вод. ст. Так как перепад давления прямо пропорционален скорости потока воздуха, то можно написать

$$H = kv, \quad (11.1)$$

где  $H$  — перепад давления (мм вод. ст.);  $v$  — скорость (м/сек);  $k$  — коэффициент сопротивления фильтра  $\left( \frac{\text{мм вод. ст.}}{\text{м/сек}} \right)$ .

Для фильтра ФПП-15 и ФПА-15 коэффициент  $k$  будет равен 150—200  $\frac{\text{мм вод. ст.}}{\text{м/сек}}$ .

Площадь фильтра  $S$  м<sup>2</sup>, через которую поток  $Q$  м<sup>3</sup>/сек будет проходить со скоростью  $v$  м/сек, равна

$$S = \frac{q}{v} \text{ м}^2. \quad (11.2)$$

Подставляя в формулу (11.2) значение  $v$  из формулы (11.1), получим

$$S = \frac{qk}{H} \text{ м}^2. \quad (11.2a)$$

Для фильтра ФПП-15 и электровентилятора 19ЦС-48

$$S = \frac{0,53 \cdot 200}{475} = 0,224 \text{ м}^2.$$

Фильтрующая ткань ФПП-15 и ФПА-15 выпускается листами размером 1550×670 мм. Поэтому удобно выбирать фильтры таких размеров, чтобы лист можно было использовать полностью. Для электровентиляторов ЭВ-54/25-1 и 19ЦС-48 удобно брать  $\frac{1}{3}$  листа по длине.

**Измерение количества протянутого воздуха.** Точность измерения концентраций радиоактивных аэрозолей в воздухе в настоящее время определяется точностью измерения количества воздуха, проходящего через фильтр. Для повышения точности определения расхода воздуха применяется измерительная насадка, позволяющая измерять расход с точностью 1—5%. Измерительная насадка состоит из конуса и измерительного сопла.

Как видно из рис. 11.2, кожух 4 крепится к вентилятору 2 с мотором 1. Фильтродержатель 3 оказывается внутри кожуха 4 и герметизируется с одной стороны резиновыми кольцами 7. Воздух, прежде чем попасть на фильтр, проходит через измерительное сопло 5, где скорость его определяется с помощью трубки Пито и манометра 6.

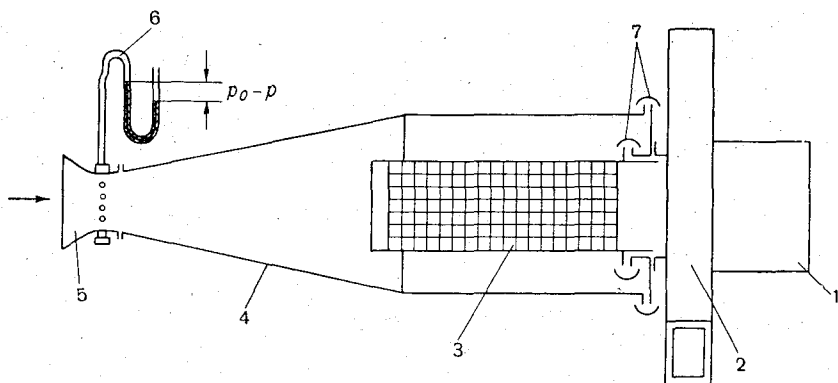


Рис. 11.2. Измерительная насадка.

Скорость потока в насадке определяется по формуле

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p q}{\rho}}, \quad (11.3)$$

где  $\Delta p$  — измеряемый перепад давления в насадке относительно окружающей атмосферы;  $\rho$  — плотность воздуха;  $q$  — ускорение силы тяжести.

Расход воздуха через сечение  $D$  за время  $t$  час теперь будет

$$Q = Dvt \cdot 3600 \text{ м}^3. \quad (11.4)$$

Перепад давления можно измерять или указателем скорости УО-250, шкала которого отградуирована непосредственно в единицах скорости, или с помощью V-образного манометра. Трубка манометра наполняется подкрашенной водой, а в зимнее время — подкрашенным спиртом-денатуратом. На рис. 11.3 приведены кривые для определения скорости потока по показаниям манометра с водяным (кривая 1) и спиртовым (кривая 2) наполнением.

Полученный по формуле (11.4) объем воздуха следует привести к нормальным условиям, т. е. к  $t=0^\circ$  и  $p=760 \text{ мм рт. ст.}$ ,

$$Q_n = k_{tp} Q_{tp}, \quad (11.5)$$



где  $k_{tp}$  — коэффициент приведения к нормальным условиям;  $Q_{tp}$  — объем воздуха при температуре  $t$  и давлении  $p$ , определенный по формуле (11.4).

Значения коэффициента  $k_{tp}$ , который представляет собой отношение плотности воздуха при данной температуре и давлении к плотности воздуха при нормальных условиях, приведены в табл. 11.1.

Наиболее часто расход воздуха измеряется анемометром, помещаемым в конец выходной трубы. Такие измерения дают лишь

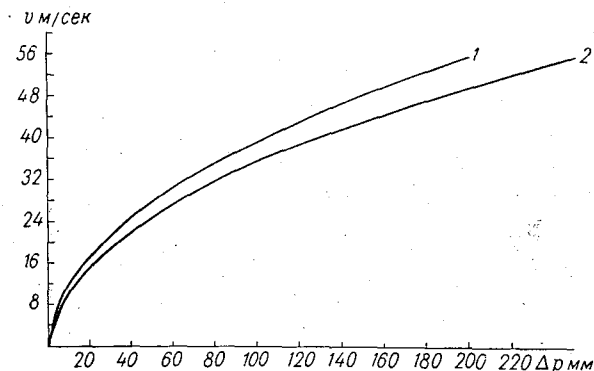


Рис. 11.3. График для определения скорости потока по жидкостному манометру.

грубо ориентировочную величину скорости, ибо анемометр калибруется для измерений в открытой атмосфере с ламинарным потоком.

**Выбор места для размещения ФВУ.** Фильтровентиляционную установку следует помещать на равнинных открытых площадках, в местах с наименьшей запыленностью, вдали от аэродромов,

Таблица 11.1

Значения коэффициента  $k$

$t^{\circ} \text{C}$	$p \text{ мм}$							
	1100	1060	1020	980	940	900	860	820
—40	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06	1,02	0,97	0,90
—30	1,20	1,16	1,11	1,08	1,03	0,99	0,94	0,88
—20	1,16	1,12	1,08	1,04	0,99	0,96	0,91	0,85
—10	1,12	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,82
0	1,08	1,04	1,00	0,97	0,93	0,89	0,85	0,79
10	1,04	1,00	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82	0,76
20	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,82	0,79	0,73
30	0,96	0,93	0,90	0,86	0,83	0,79	0,76	0,70
40	0,92	0,89	0,86	0,83	0,79	0,76	0,73	0,67

шоссе́йных доро́г, заво́дов и т. д. ФВУ размещается с учетом розы ветров — воздуховод ориентируют в сторону, противоположную преобладающему направлению ветра.

Для защиты от дождя и снега ФВУ устанавливается в будке с жалюзи. Будку устанавливают на кирпичный фундамент,

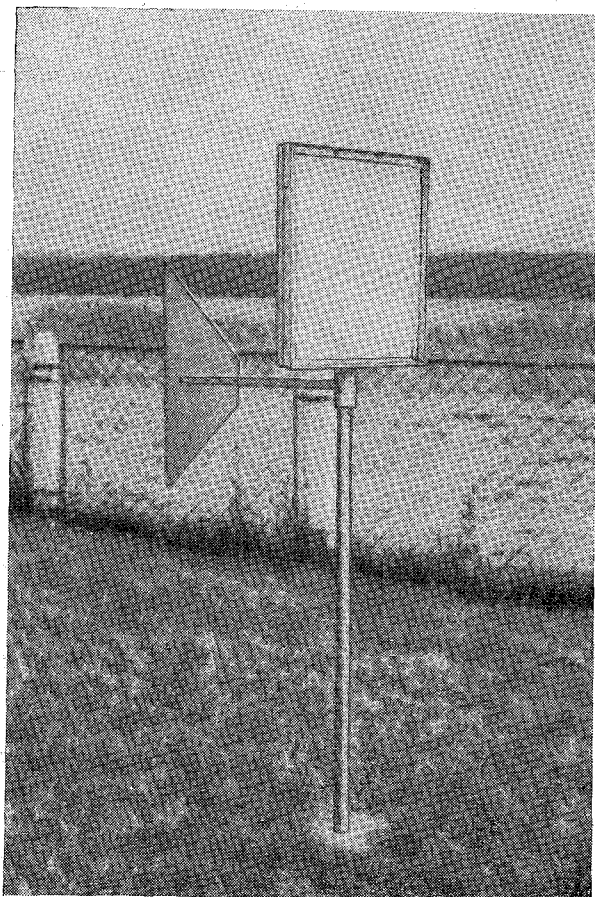


Рис. 11.4. Вертикальный планшет.

который должен возвышаться над поверхностью земли на 80—100 см. Пол в будке следует делать деревянным, фильтродержатель должен находиться на уровне 30—50 см от пола.

**Вертикальный планшет.** Второй метод взятия проб аэрозолей воздуха основан на применении вертикального планшета.

Над поверхностью почвы планшет устанавливается на высоте 1,5 м (рис. 11.4).

Планшет состоит из двухстворчатой рамки, предназначенной для закрепления отбеленной медицинской марли, и флюгарки, удерживающей рамку с марлей в перпендикулярном положении относительно направления ветра и стойки.

Воздух под действием силы ветра фильтруется через марлю (фильтрующая поверхность  $0,3 \text{ м}^2$ ), при этом аэрозоли задерживаются марлей.

Проба аэрозолей вертикальным планшетом обычно отбирается в течение *24 час*.

Для определения количества воздуха, прошедшего через марлю планшета, необходимо с помощью ручного анемометра четыре раза в сутки замерять скорость ветра около планшета.

Скорость ветра за сутки  $v_{\text{ср}}$  вычисляется как средняя арифметическая из четырех измерений.

Количество воздуха  $Q$ , прошедшее через фильтр площадью  $S$  за время  $t$  час, равно

$$Q = v_{\text{ср}} S \cdot 3600. \quad (11.6)$$

Марля, снятая с вертикального планшета, направляется в лабораторию, где озоляется и прокаливается при температуре  $500^\circ$ , после чего определяется суммарная  $\beta$ -активность пробы.

### Пробы радиоактивных выпадений

Радиоактивные выпадения вместе с пылью и осадками улавливаются собирающими устройствами. В качестве таких устройств применяются горизонтальные планшеты, планшеты с бортиками и сборники месячных выпадений.

**Горизонтальный планшет.** Внешний вид горизонтального планшета приведен на рис. 11.5.

Приемную часть планшета рекомендуется устанавливать на высоте  $1 \text{ м}$  от поверхности почвы. Приемная часть планшета равна  $0,3 \text{ м}^2$ .

В качестве подстилающей поверхности горизонтального планшета применяется отбеленная медицинская марля. Марля в планшете устанавливается на *24 час*. При снятии марли с планшета необходимо соблюдать ряд правил.

В дни без осадков и с малыми значениями относительной влажности, когда на марле задерживается большое количество пыли, марлю снимают осторожно без встряхивания. После этого марля озоляется и прокаливается. Проба исследуется с помощью пересчетной установки.

В дни с дождем или туманом влажную марлю, снятую с планшета, перед озонением надо просушить.

Зимой, когда планшет покрывается снегом, необходимо марлю с нанесенным на нее снегом снять и просушить

в помещении при температуре 20—25° над фарфоровой чашкой. Жидкость, образовавшаяся в чашке от растаявшего снега, впитывается подсушенной марлей. После этого марля опять подсушивается. Впитывание жидкости марлей и ее подсушивание производятся до тех пор, пока вся жидкость из чашки не будет удалена. Чашка протирается фильтровальной бумагой. Фильтровальная бумага вместе с марлей озоляется и прокаливается при

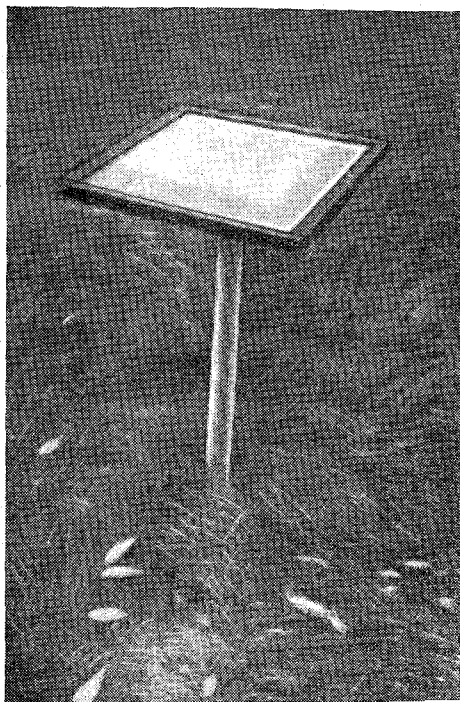


Рис. 11.5. Горизонтальный планшет без бортиков.

температуре 500°. Полученная проба исследуется с помощью пересчетной установки для определения суммарной активности.

**Планшет с бортиками.** Внешний вид планшета с бортиками приведен на рис. 11.6.

Планшет с бортиками имеет некоторые преимущества по сравнению с горизонтальными планшетами, так как коэффициент улавливания у него несколько выше.

Приемная поверхность планшета равна 0,3 м<sup>2</sup>. В качестве подстилающей поверхности применяется также медицинская отбеленная марля. Марля кладется не на дно планшета, а натягивается на подвижную рамку, которая устанавливается на

штыри, припаянные с внутренней стороны к бортам планшета. В днище планшета имеется отверстие, соединенное резиновым шлангом с бутылкой для сбора осадков, попадающих в планшет. Проба выпадений с помощью планшета с бортиками берется в течение 24 час.

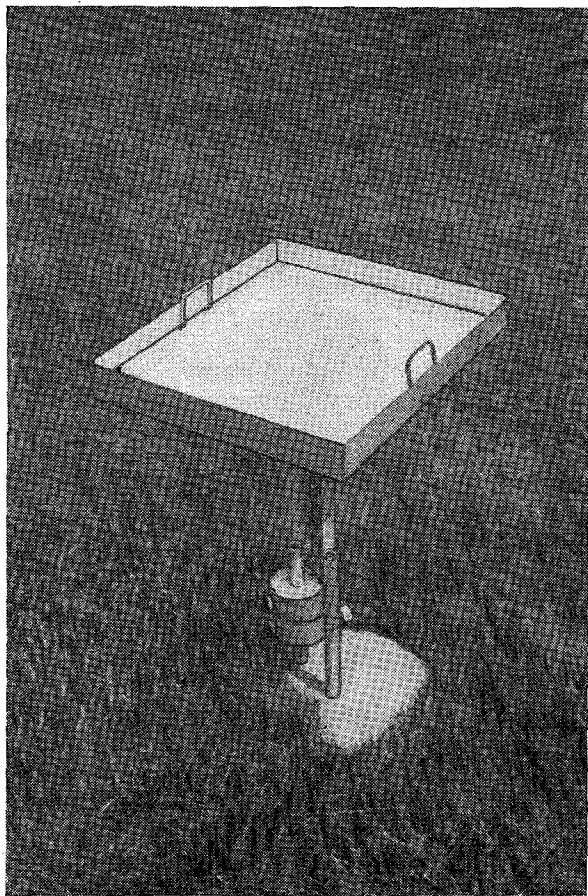


Рис. 11.6. Планшет с бортиками.

При отсутствии осадков (дождя, снега) обработка марли с этого планшета осуществляется аналогично обработке марли с горизонтального планшета.

В дни с дождем обработка пробы осуществляется следующим образом. С планшета снимается марля и внутренняя часть его обтирается фильтровальной бумагой. Марля с бумагой подсушивается. Жидкость из бутылки выливается (при наличии большого количества жидкости — порциями) в эмалированную или

фарфоровую выпарительную чашку. Бутыль ополаскивается дистиллированной водой, которая также сливается в чашку. В чашку добавляется 1—2 см 60 %-ной азотной кислоты. Жидкость в чашке выпаривается. Остаток жидкости впитывается марлей, снятой с планшета. Чашка после этого протирается фильтровальной бумагой, которая присоединяется к марле.

Далее марля с фильтровальной бумагой от протирания планшета и чашки высушиваются, озоляются и прокаливаются, после чего проводится определение активности пробы.

В дни со снегом проба из планшета обрабатывается следующим образом. Снег из планшета переносится в эмалированное ведро, после чего снимается марля. Затем марля подсушивается, а снег в ведре растапливается и переносится в эмалированную чашку. Ведро ополаскивается водой, которая также сливается в кастрюлю.

Дальнейшая обработка пробы осуществляется аналогично описанному случаю обработки пробы при наличии дождя.

С 1968 г. будет применяться новый планшет, который отличается от описанного более высокими бортиками, а также тем, что к сливной трубке планшета с помощью резинового шланга прикреплена колонка с ионообменной смолой. Внутри бака (планшета) на разных уровнях от дна сделаны опоры для крепления рамки с марлей. При положительных температурах воздуха рамка с марлей располагается в баке планшета на верхних опорах. Во время дождя осадки проходят через марлю и скапливаются в баке, постепенно фильтруясь через ионообменную колонку. При отрицательных температурах и в переходный период рамку с марлей опускают на нижние опоры, а ионообменные колонки не устанавливают. Снег с планшета собирают так же, как и с планшетов старой конструкции. Собранный снег приносят в рабочее помещение, растапливают и талую воду пропускают через ионообменную колонку.

**Сборник месячных выпадений.** Сборник месячных выпадений представляет собой бак прямоугольной формы, изготавливаемый из материалов, устойчивых против коррозии. Перед установкой бак тщательно промывается дистиллированной водой.

Для улучшения улавливания выпадений при температуре воздуха выше 0°С в бак наливается слой воды толщиной 1 см.

В зимний период снег из сборника выбирается с помощью совка в эмалированное ведро, которое переносится в теплое помещение для таяния снега. В это же помещение переносится бак с оставшимся снегом и льдом. При переноске бака и ведра со снегом или льдом следует соблюдать меры предосторожности, исключающие возможность потерь накопленных за месяц выпадений.

После того как остатки снега и льда в баке растаяли, содержимое сборника сливается в эмалированное ведро с помощью

эмалированной кружки; перед сливом вода в баке взмучивается. Воде в ведре дают несколько отстояться. Затем следует промыть бак осветленной частью пробы, а затем еще раз — дистиллированной водой.

После промывки бак протирается фильтровальной бумагой. Фильтровальная бумага высушивается и сохраняется.

По окончании процесса очистки бака в эмалированное ведро, содержащее такую воду, следует добавить растворы «носителей»: азотнокислый церий, азотнокислый цезий, азотнокислый стронций.

В летний период дождевая вода, собранная в баке за месяц, сливается с помощью эмалированной кружки в эмалированное ведро и переносится в помещение для дальнейшей обработки. Обработка (очистка) бака производится так же, как и в зимний период.

Собранные осадки концентрируются путем выпаривания. Выпаривание следует производить в эмалированной чашке с большой испаряющей поверхностью. В чашку с пробой добавляется 54—60%-ная азотная кислота из расчета около 2 см<sup>3</sup> на один литр собранной пробы. После добавления кислоты проба перемешивается и ставится для выпаривания.

Осадки из ведра в чашку переносят порциями. При перенесении последней порции пробы в чашку для выпаривания осадки в ведре взмучиваются. После полного удаления пробы ведро обмывается дистиллированной водой, а затем протирается фильтровальной бумагой. Фильтровальная бумага высушивается и сохраняется. Вода, с помощью которой производилась обмывка бака и ведра, переносится в чашку для выпаривания. Выпаривание производится до небольшого объема — следует оставлять слой воды толщиной 1 см.

Оставшийся объем воды вместе с осадком полностью переливается в термостойкий химический стакан. После перенесения пробы в химический стакан чашку обмывают 25—50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и сливают эту воду в стакан; чашку протирают фильтровальной бумагой.

Химический стакан с пробой ставится на водяную баню и выпаривается досуха.

Фильтровальную бумагу, которой протиралось ведро и чашка, помещают в тигель и озоляют. В этот же тигель присоединяется сухой остаток из стакана, стакан протирается фильтровальной бумагой и все прокаливается. Затем проба взвешивается. Часть взвешенного осадка исследуется на пересчетной установке.

### Пробы воды

Проба воды из рек, озер и водохранилищ для определения радиоактивности берется в зависимости от особенностей гидрологического режима водоемов. Объем пробы устанавливается

в зависимости от минерализации воды: при минерализации до 500 мг/л объем пробы 18—20 л, свыше 500 мг/л.—около 10 л.

На реках пробы берутся на стремнине с глубины 0,2—0,5 м.

На озерах и водохранилищах пробы воды в зимний период и период летней межени (в дни без осадков) берутся из двух точек рейдовой вертикали: с поверхности воды (0,2—0,5 м) и из придонного слоя (на 0,5 м выше дна). В остальное время года пробы берутся только из верхнего слоя рейдовой вертикали.

Обычно пробы воды для определения радиоактивной загрязненности химического анализа берутся одновременно.

Учитывая, что определение общей загрязненности и изотопного состава в пробе осуществляется вдали от места ее взятия, рекомендуются два метода обработки проб до направления их на анализ.

Первый метод применяют тогда, когда вода сильно минерализована. В пробу добавляют 1,5 г пищевой кристаллической соды, перемешивают воду до растворения соды и затем добавляют едкого натрия в соответствии с табл. 11.2.

Таблица 11.2

**Необходимое количество едкого натрия на одну пробу  
в зависимости от степени минерализации воды**

Степень минерализации воды, мг/л	Количество едкого натрия, мг/1 проба
100	100
101—200	200
201—500	500

После этого пробу перемешивают в течение 3—5 мин и ставят отстаиваться на 24 час.

После отстаивания осветленная часть воды сливается с помощью резиновой трубки (декантация). Декантацию следует проводить до тех пор, пока над осадком остается слой осветленной воды толщиной 1 см. Если в процессе декантации произойдет взмучивание осадка, следует прекратить декантацию и дать осадку осесть. После этого декантацию производят вновь. Полученный осадок взмучивают и переливают в чистую полиэтиленовую однолитровую бутылку. Бутылку, в которой была проба, обмывается дистиллированной водой, которая также сливается в полиэтиленовую посуду.

Описанный метод обработки пробы основан на том, что бикарбонаты кальция и магния, находящиеся в воде в растворе, при добавлении соды и едкого натрия переходят в малорастворимые соединения — карбонаты кальция и магния. Карбонаты кальция и магния, выпадая в осадки, захватывают радиоактивные элементы, находящиеся в растворе.



Второй метод обработки воды применяется при незначительном содержании кальция и магния в воде. Пробы воды с содержанием кальция 12 мг/л и меньше при обработке содой и едким натрием дают очень небольшой осадок или совсем не дают осадка. В результате этого радиоактивные вещества, находящиеся во взятой пробе воды, не осаждаются и сбрасываются при декантации. Для таких проб воды можно применять метод концентрации радиоактивных веществ, находящихся в воде, с помощью специальных веществ — ионообменных смол.

Взятая проба воды (после предварительного отстоя от взвешенных частиц) фильтруется через ионообменную смолу, помещенную в стеклянном сосуде — «колонке». При пропускании пробы воды через колонку ионообменная смола захватывает находящиеся в пробе соли, в том числе и радиоактивные вещества. После фильтрации воды колонка с ионообменной смолой направляется в лабораторию для анализа на радиационную загрязненность. Для каждой пробы объемом 18—20 л предназначена одна колонка.

#### Измерение радиоактивного загрязнения поверхности почвы и снежного покрова

Радиоактивное загрязнение поверхности почвы (снега) измеряют по уровню  $\beta$ -излучения на поверхности и уровню  $\gamma$ -излучения на высоте 1 м от поверхности почвы (снега).

Для обнаружения и измерения  $\beta$  и  $\gamma$ -излучения применяются радиометрические приборы — радиометры. Радиометр состоит из датчика и пересчетного устройства.

Принцип работы датчика радиометра основан на том, что при прохождении через вещество радиоактивное излучение ионизирует атомы этого вещества.

В радиометрической аппаратуре в качестве датчиков чаще всего используются счетчики Гейгера. Счетчик представляет собой цилиндр, внутренние стенки которого покрыты токопроводящим слоем (цилиндр часто делают целиком из металла). Цилиндр счетчика наполнен смесью газов до некоторого давления. Состав смеси газов и давление зависят от назначения и типа счетчика. По оси цилиндра натянута тонкая металлическая проволока (анод). Счетчик подключается к источнику высокого напряжения: цилиндр (катод) — к минусу, а проволока (анод) через сопротивление — к плюсу. Таким образом, в счетчике возникает электрическое поле, напряженность которого увеличивается при приближении к аноду. Свободный электрон внутри счетчика под действием электрического поля двигается по направлению к аноду. Около самого анода электрон попадает в поле такой напряженности, что начинает сам ионизировать атомы газа. То же самое происходит и со вторичными электро-

нами. Возникает лавина электронов, которая и регистрируется как электрический импульс. Длительность импульса около 0,001 сек.

Объем счетчика, из которого электрон вытягивается полем к аноду счетчика, называется чувствительным объемом.

При прохождении через счетчик  $\beta$ -частицы происходит регистрация электронов, выбитых  $\beta$ -частицей из атомов газа, наполняющего счетчик. При прохождении через счетчик  $\gamma$ -излучения происходит регистрация электронов, выбитых  $\gamma$ -излучением

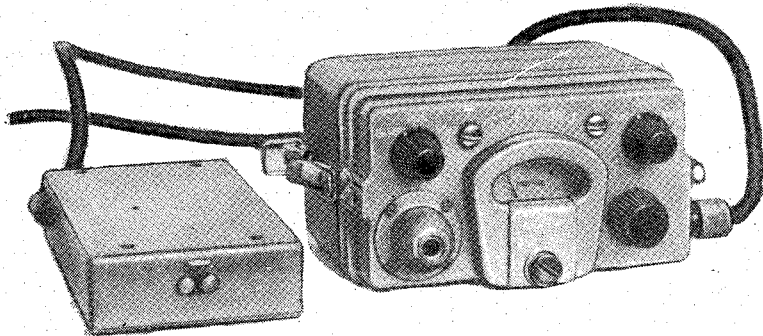


Рис. 11.7. Радиометр «Спутник-1».

из стенок счетчика. Доля электронов, выбитых  $\gamma$ -излучением из газа счетчика, очень мала.

Эффективность газоразрядных счетчиков к  $\beta$ -излучению составляет немного меньше 100%, а к  $\gamma$ -излучению — около 1%.

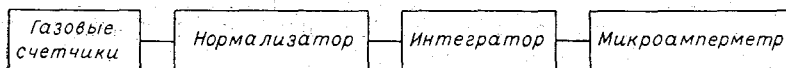


Рис. 11.8. Блок-схема радиометра «Спутник-1».

Импульсы тока, возникшие в счетчике, усиливаются и преобразуются. После преобразования импульсы поступают на регистрирующее устройство. В разных приборах усилитель и преобразователь имеют различное устройство. В качестве примера рассмотрим работу радиометра типа «Спутник» (рис. 11.7).

Радиометр попутного поиска типа «Спутник-1» предназначен для обнаружения радиоактивных веществ, их качественного и количественного определения по  $\gamma$  и  $\beta$ -излучениям. Диапазон измерений радиометра от 8 до 3000  $\mu\text{кр}/\text{час}$ . Питание радиометра осуществляется от элементов типа КБ-1. Вес рабочего комплекта с источником питания 1,6 кг.

Блок-схема радиометра приведена на рис. 11.8, а принципиальная схема — на рис. 11.9. В качестве датчика используются

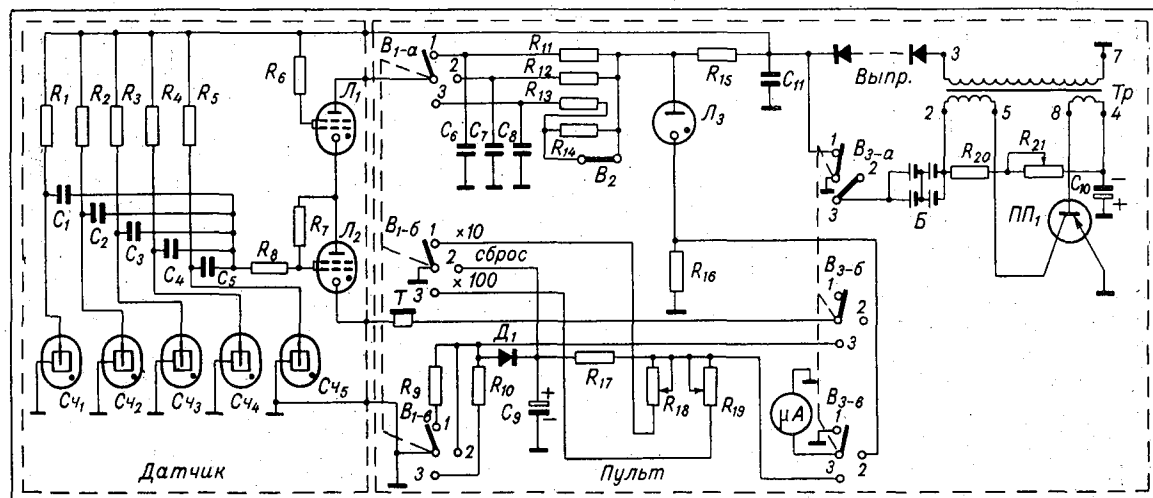


Рис. 11.9. Принципиальная схема радиометра «Спутник-1».

пять газовых счетчиков  $Сч_1—Сч_5$  (типа СТС-5), включенные параллельно. Рабочее напряжение счетчиков 410 в.

При срабатывании одного из счетчиков возникает электрический импульс с амплитудой по напряжению в несколько десятков вольт. Со счетчика импульс поступает на нормализатор. С выхода нормализатора импульсы стандартной амплитуды поступают на вход интегратора, где стандартные импульсы преобразуются в постоянный ток, который измеряется микроамперметром  $\mu A$ . Сила этого тока будет пропорциональна как частоте следования импульсов, так и их длительности. Таким образом, сила тока будет пропорциональна среднему числу импульсов, возникших в счетчиках, а следовательно, и мощности дозы излучения. С помощью включенного телефона можно фиксировать отдельные импульсы.

Питание радиометра от батареи сухих элементов (Б) осуществляется с помощью преобразователя напряжения.

Проведение измерений. К измерениям следует приступать только после проверки работоспособности прибора и подготовки прибора к работе согласно инструкции.

Отсчет измеряемой мощности дозы берется за 1 мин непрерывных наблюдений как осредненное наиболее вероятное показание индикаторного прибора (которое умножается на коэффициент соответствующего поддиапазона).

При необходимости регистрации только  $\gamma$ -излучений следует закрепить на датчике дифференцирующую пластинку со стороны окна счетчиков.

Измерение натурального фона производится на первом поддиапазоне.

Градуировка прибора производится от колимированного кобальтового источника второго разряда с активностью, соответствующей 1 мг-экв радия.

**Определение суммарной  $\beta$ -радиоактивности.** Для измерения суммарной  $\beta$ -радиоактивности образцов, приготовленных из пепла проб фильтровентиляционных установок, а также пепла проб планшетов всех видов рекомендуется использовать пересчетную установку ДП-100 (рис. 11.10).

Установка выпускается в полевом и стационарном вариантах. Здесь рассматривается только стационарный вариант.

Установка состоит из свинцового домика, содержащего газовые счетчики, каретки для держателей препаратов и диафрагм, блока усилителя для предварительного усиления импульсов, идущих со счетчика, и пульта установки, включающего усилитель, пересчетную схему, блок счетчика (нормализатор и электро-механический счетчик), систему управления и блоки питания.

Блок-схема приведена на рис. 11.11.

Импульс тока на выходе блока газового счетчика образуется только в том случае, если в счетчике произойдет разряд.

Этот импульс поступает на предварительный усилитель. Усиленный импульс подается на управляющий усилитель. При пуске пересчетной схемы кнопкой пуска секундомера включается усилитель.

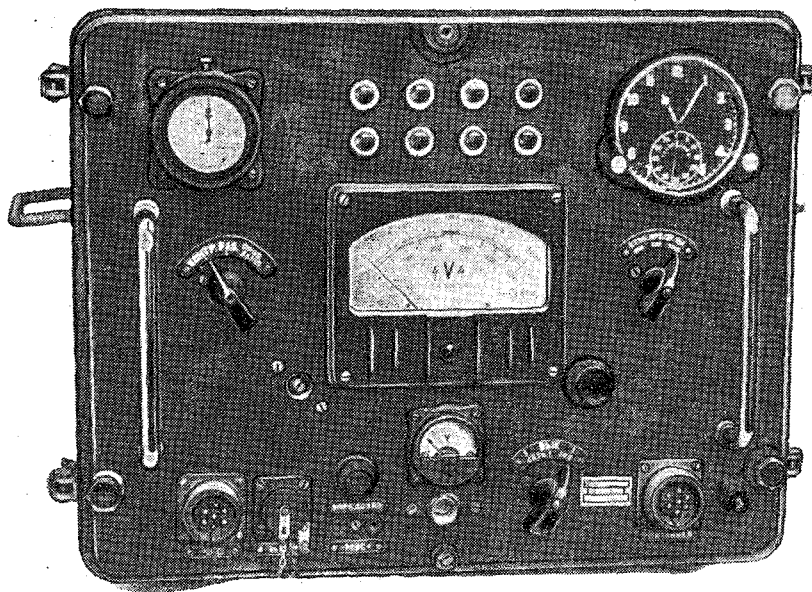


Рис. 11.10. Внешний вид установки ДП-100.

Основной частью регистрирующего блока установки является пересчетная схема, назначение которой состоит в кратком понижении частоты импульсов газового счетчика. Такое предварительное понижение частоты импульсов обеспечивает регистрацию

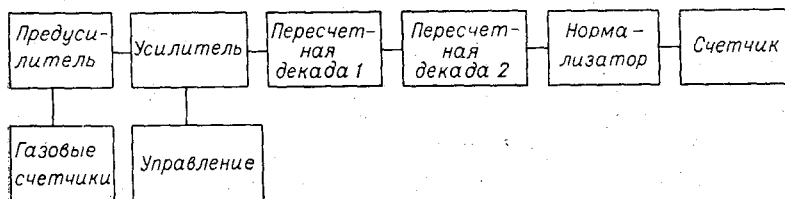


Рис. 11.11. Блок-схема установки ДП-100.

их механическим электросчетчиком МЭС, включенным на выходе регистрирующей схемы. Непосредственная регистрация импульсов газового счетчика МЭС при большой интенсивности невозможна, так как МЭС обладает значительной инерцией механизма. Предварительный пересчет импульсов не только кратко

понижает их среднюю частоту, но и значительно повышает регулярность поступления их в МЭС (с приблизительно равными паузами), что устраняет возможность их просчета, т. е. пропусков регистрации.

Пересчетная схема установки ДП-100 содержит две ступени пересчета с коэффициентом 10:1, так что общий коэффициент пересчета равен  $(10:1) \times (10:1) = 100:1$ .

Первая ступень, или первая «декада», выдает со своего выхода каждый десятый импульс, полученный от газового счетчика, а вторая декада выдает на выходе каждый десятый импульс первой декады или, следовательно, каждый сотый импульс газового счетчика. Понятно, что при этом значительно увеличивается объем регистрации, т. е. предельное число импульсов, регистрируемых установкой, поскольку МЭС принимает только каждый сотый импульс газового счетчика. Так как МЭС позволяет зарегистрировать 1000 импульсов, то установка с пересчетной схемой 100:1 позволяет зарегистрировать  $100 \times 1000 = 100\,000$  импульсов.

Для срабатывания механического электросчетчика на него нужно подавать импульсы тока определенной амплитуды и длительности. Для преобразования импульсов, полученных с выхода пересчетного блока, служит каскад нормализатора. Каскад вырабатывает импульсы длительностью около 0,01 сек.

Установка обеспечивает пересчет импульсов, поступающих от газовых счетчиков, со средней частотой не выше 5000 имп/сек.

Чувствительность установки обеспечивает работу при диапазоне амплитуды входного импульса от 2 до 100 в, времени нарастания (фронта) импульсов от 2 до 20 мксек и длительности импульса от 20 до 1000 мксек.

Питание установки может осуществляться от сети переменного тока с частотой 50 гц и напряжением в пределах от 90 до 250 в или от аккумулятора. Блок питания обеспечивает подачу на газовый счетчик регулируемого напряжения в пределах от 250 до 2000 в, а также подачу стабилизированного напряжения с возможностью его изменения от 390 до 420 в. Питание установки возможно как от аккумуляторов, так и от сети переменного тока. Поэтому в схеме коммутации элементов в зависимости от источника питания меняется схема выпрямительной части блока питания.

При питании установки от сети напряжение подается через ферромагнитный стабилизатор.

При установке нового газового счетчика необходимо снять счетную характеристику счетчика и выбрать рабочую точку. Для этого под счетчиком следует установить радиоактивный препарат, среднее количество импульсов в минуту от которого не должно превышать 500—700. Измерение счетной характеристики производится до значения напряжений, при которых число

импульсов в минуту начинает существенно возрастать. В качестве рабочей точки рекомендуется выбирать напряжение, соответствующее верхней границе первой трети горизонтального участка.

Величина активности пробы определяется путем сравнения результатов измерения пробы с результатами измерения калибровочного препарата с известной активностью.

В ближайшее время начнет применяться переносной бета-гамма-радиометр «Прогноз». Этот прибор сконструирован на полупроводниковых элементах и имеет стабилизатор напряжения. Прибор предназначен, так же как и радиометр «Спутник-1», для измерения бета-гамма-излучения. Он обеспечивает измерение мощности экспозиционной дозы  $\beta$ -излучения от 5 до 5000  $\text{мкр/час}$  и измерение загрязненности поверхностей от 5 до 5000  $\beta\text{-частиц/см}^2 \cdot \text{мин}$ . Прибор имеет следующие поддиапазоны:

- I — от 5 до 50  $\text{мкр/час}$  и  $\beta\text{-частиц/см}^2 \cdot \text{мин}$ .
- II — от 20 до 200  $\text{мкр/час}$  и  $\beta\text{-частиц/см}^2 \cdot \text{мин}$ .
- III — от 50 до 500  $\text{мкр/час}$  и  $\beta\text{-частиц/см}^2 \cdot \text{мин}$ .
- IV — от 500 до 5000  $\text{мкр/час}$  и  $\beta\text{-частиц/см}^2 \cdot \text{мин}$ .

Остальные технические характеристики прибора близки к техническим характеристикам радиометра «Спутник-1», однако стабильность и надежность его выше.

## ГЛАВА 12

### ДИСТАНЦИОННЫЕ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

#### Дистанционные метеорологические станции

Дистанционными метеорологическими станциями (ДМС) называют установки, с помощью которых можно производить измерения значений метеорологических элементов на некотором удалении от места замера. Такие станции дают возможность быстро произвести измерение, находясь в помещении станции, что особенно важно при оперативном обслуживании, особенно в условиях сурового климата.

Изготавливаемые в настоящее время дистанционные станции рассчитаны на измерение только нескольких основных метеорологических элементов (ветра, температуры, влажности).

Наиболее широкое распространение имеют дистанционные метеорологические станции М-49 и ДМС-Н-53 (наземные) и СДС (судовая).

**Дистанционная метеорологическая станция ДМС-Н-53.** Эта станция состоит из двух блоков датчиков: блока скорости и направления ветра и блока температуры и влажности воздуха, которые устанавливаются на метеорологической площадке или на специальной мачте, и измерительного пульта, устанавливаемого в помещении. Датчики соединяются с пультом с помощью двух шестижильных кабелей длиной до 100 м.

В качестве датчиков скорости и направления ветра используется датчик АРМЭ, температуры — медный термометр сопротивления, влажности — пучок волос или мембрана из животной пленки.

Термометр сопротивления и гигрометр смонтированы в одном блоке (рис. 12.1 и 12.2) и защищены от воздействия осадков и прямых солнечных лучей кольцевыми жалюзи. Их можно также установить в психрометрической будке. Измерения темпе-



ратуры по термометру сопротивления и измерения влажности производятся по принципу неравновесного измерительного моста (см. гл. 2). На рис. 12.2 показан общий вид датчиков без радиационной защиты. Датчик смонтирован на плате 2. Пучок волос 12 с помощью рычажной системы связан с контактной стрелкой 5, которая находится под воздействием спиральной пружинки 8. При измерении влажности длина пучка волос меняется. При уменьшении влажности он укорачивается и поворачивает стрелку, закручивая пружинку 8. При увеличении влажности волос удлиняется и освобождает пружинку 8, которая поворачивает стрелку

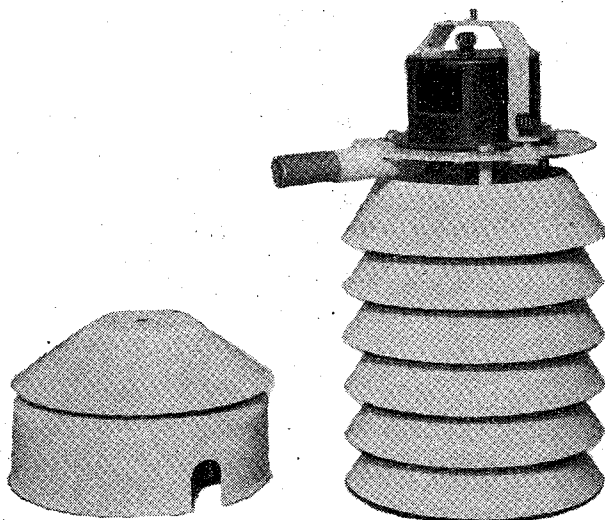


Рис. 12.1. Блок датчиков температуры и влажности.

5 в обратную сторону. Конец стрелки 5 перемещается вдоль дугообразного потенциометра 6, не касаясь его. Прижим стрелки к потенциометру в момент измерения осуществляется с помощью дужки 3, прикрепленной к якорю 10 электромагнитов 9.

Такое устройство гигрометра обеспечивает легкое перемещение стрелки при изменении влажности при небольшой нагрузке на волос и надежный контакт стрелки 5 с потенциометром 6.

Пучок волос заключен в защитную трубку 11, имеющую отверстия для доступа к пучку волос окружающего воздуха. С помощью регулирующего винта пучок волос может перемещаться, тем самым регулируя положение стрелки 5 для установки ее в нужном положении.

Термометр сопротивления укреплен на общей плате 2 и имеет защитную трубку 1. Защитный кожух 4 крепится винтом 7 и при необходимости легко снимается.

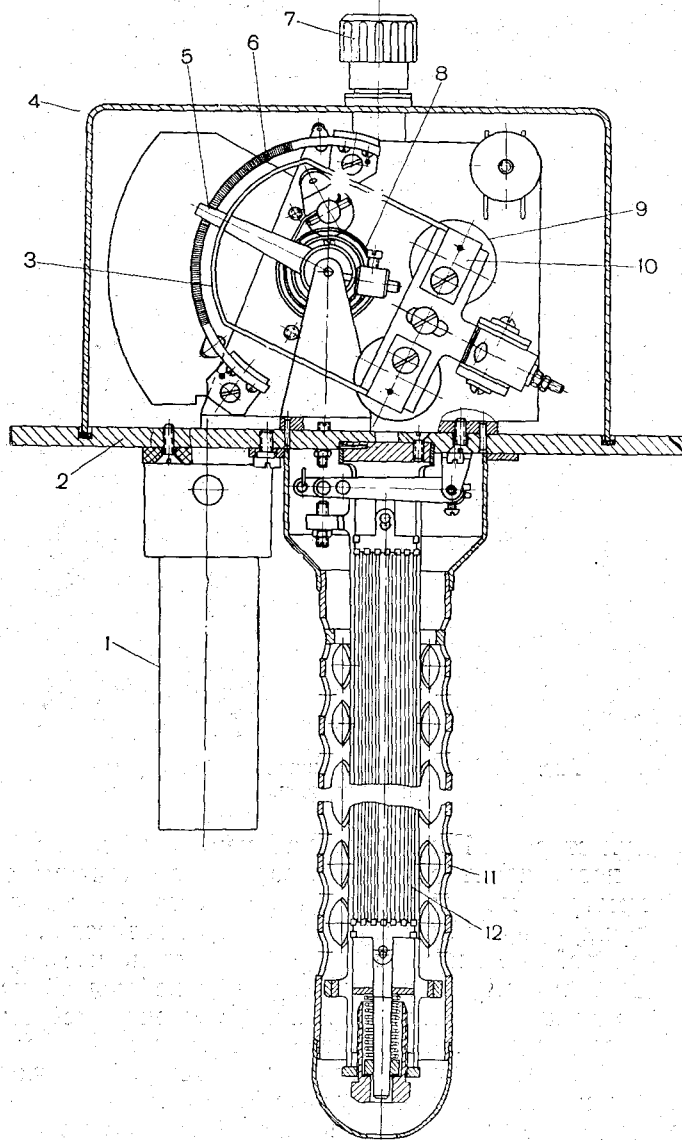


Рис. 12.2. Разрез блока датчиков температуры и влажности.

Приемно-указывающая часть (рис. 12.3) размещена в металлическом кожухе, на передней наклонной стенке которого смонтированы указывающие приборы и переключатели; внутри смонтированы схемы и размещены батарея сухих элементов и блок питания переменного тока. Присоединение кабелей датчиков осуществляется с помощью штепсельных разъемов, расположенных на задней стенке приемной части, там же укреплен провод с вилкой для подключения ДМС к сети переменного тока.

Принципиальная электрическая схема ДМС приведена на рис. 12.4.

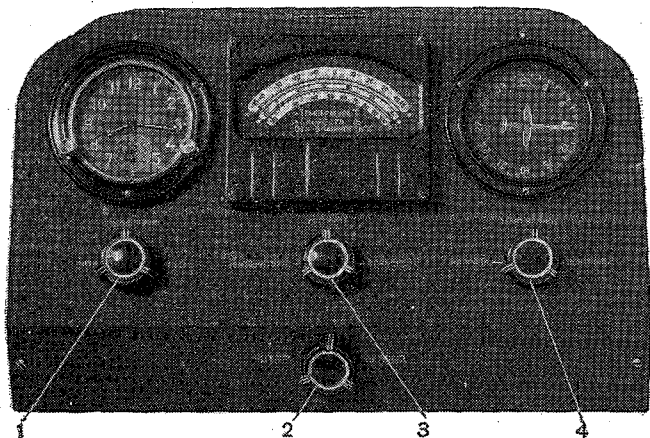


Рис. 12.3. Измерительный пульт ДМС.

На схеме блока датчиков влажности и температуры видны термометр сопротивления  $R_t$  и пучок волос гигрометра  $G$ , который перемещает контактное перо вдоль реостата  $R_4$ . При включении электромагнита  $ЭМ$  его якорь прижимает движок к реостату  $R_4$ . Сопротивления  $R_5$  и  $R_{10}$  подгоночные. Блок подключается к приемной части с помощью кабеля и штепсельных разъемов  $Ш_1$  и  $Ш_2$ .

Схема блока датчиков скорости и направления ветра состоит из анемометра, вращающего шестиполусный магнит, и шести неподвижных катушек, флюгарки с круговым потенциометром  $R_0$ , на который напряжение подается с помощью двух ползунков (подробнее см. описание АРМЭ). Этот блок подключается к датчику с помощью кабеля и двух штепсельных разъемов  $Ш_3$  и  $Ш_4$ .

На схеме приемной части показаны:

1) блок питания, обеспечивающий питание ДМС от батареи  $B$  или с помощью преобразователя (трансформатора  $Tr$ , конденсатора  $C_2$  и выпрямителя  $D_1—D_4$ ) от сети переменного тока 127 и 220 в;

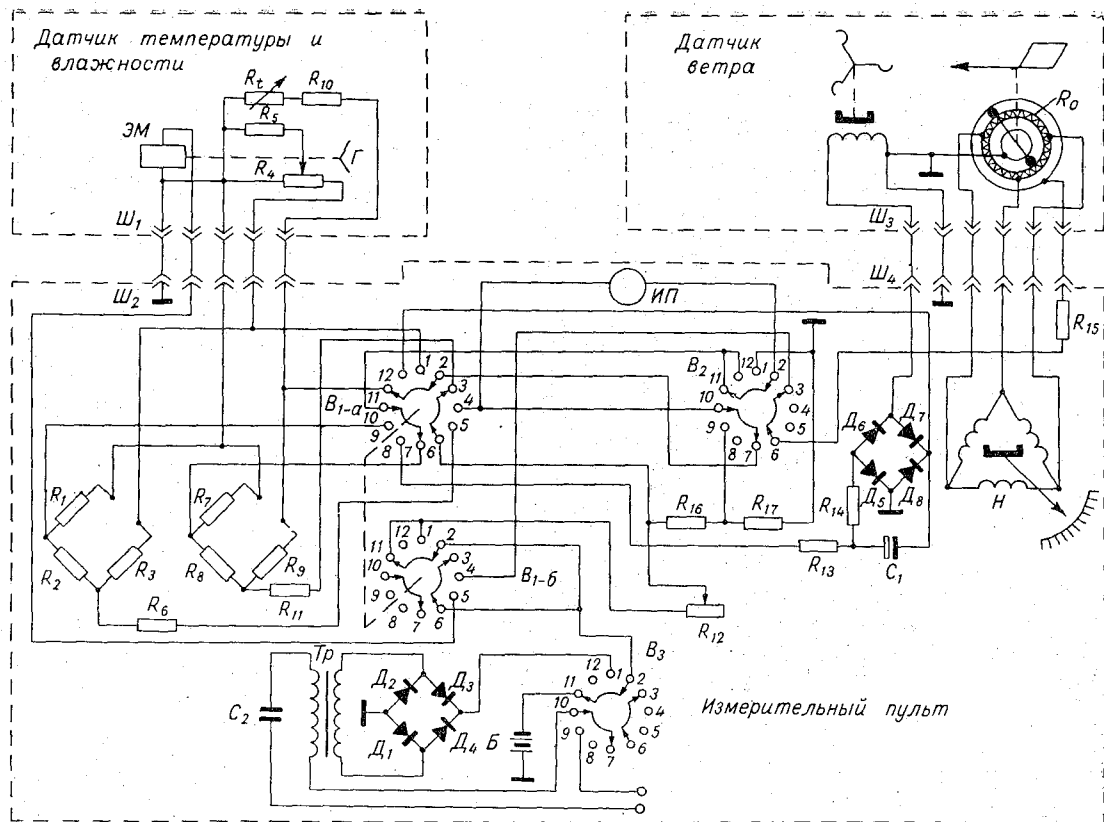


Рис. 12.4. Принципиальная электрическая схема ДМС.

2) измерительные мосты для измерения влажности (сопротивления  $R_1, R_2, R_3$ ) и температуры (сопротивления  $R_7, R_8, R_9$ );

3) устройства, выпрямляющие и сглаживающие (выпрямитель  $D_5-D_8$ , конденсатор  $C_1$ , сопротивления  $R_{13}, R_{14}$ ) напряжение, снимаемое со статора генератора анемометра;

4) переменный реостат  $R_{12}$  для регулировки напряжения питания измерительных мостов;

5) указатель направления ветра  $H$ ;

6) указывающий прибор  $ИП$  с тремя шкалами для измерения скорости ветра, температуры и влажности. На шкале указателя имеется красная черта, на которую должна устанавливаться стрелка при регулировке с помощью реостата  $R_{12}$  напряжения для питания мостов;

7) переключатель  $B_3$ , с помощью которого станция включается и на нее подается питание от батареи или от сети переменного тока;

8) переключатели  $B_{1-a}-B_{1-б}$  (двойной) и  $B_2$ , с помощью которых указывающий прибор  $ИП$  по очереди подключается к анемометру, термометру и реостату гигрометра, а также к источнику питания при регулировке напряжения. С помощью этих же переключателей подается напряжение к потенциометру флюгарки;

9) сопротивления  $R_6, R_{11}, R_{14}, R_{16}, R_{17}$  (подгоночные).

Измерения с помощью ДМС производятся следующим образом. Ручка 1 (рис. 12.3) переключателя переводится из положения «Выключено» в положение «Включено», если питание осуществляется от батареи, или в положение «Сеть», если питание осуществляется от сети переменного тока. При этом переключатель  $P_3$  займет положение, указанное на рис. 12.5 а, а для случаев питания от батареи и сети переменного тока — положение, указанное на рис. 12.5 б.

Для измерения температуры ручка 3 (рис. 12.4) переводится в положение «Температура», а ручка 4 — в положение «Контроль»; с помощью ручки 2 напряжение регулируется до установки стрелки на контрольное деление шкалы. При этом положении ручек переключатели  $B_{1-a}-B_{1-б}$  и  $B_2$  принимают положение, указанное на рис. 12.5 а; затем ручка 4 ставится в положение «Темп. Влажн.» (при этом переключатель  $B_2$  занимает положение, указанное на рис. 12.5 б) и по верхней шкале указателя  $ИП$  производится отсчет температуры. Шкала имеет пределы от  $-40$  до  $+40^\circ$ . Цена одного деления  $1^\circ$ .

Измерение влажности производится в такой же последовательности. Ручка 3 (рис. 12.3) ставится в положение «Влажность» (положение переключателя  $B_{1-a}-B_{1-б}$  показано на рис. 12.5 б), ручка 4 — в положение «Контроль» (положение переключателя  $B_2$  на рис. 12.5 а). С помощью ручки 2 регулируется напряжение питания. Ручка 3 переводится в положение «Влажность» (положение переключателя  $B_{1-a}-B_{1-б}$  на рис. 12.5 б). По нижней

шкале указателя  $У$  производится отсчет влажности. Шкала имеет пределы от 0 до 100%, цена деления 1%.

Для измерения скорости и направления ветра ручка 3 (рис. 12.3) устанавливается в положение «Скорость» ( $B_{1-a} - B_{1-б}$  рис. 12.5 в), а ручка 4 в положение «Направление» ( $B_2$  рис. 12.5 в). Отсчет скорости производится по средней шкале указателя  $У$ , отсчет направления — по шкале правого прибора. Шкала скорости имеет пределы от 0,5 до 40 м/сек. Цена деления

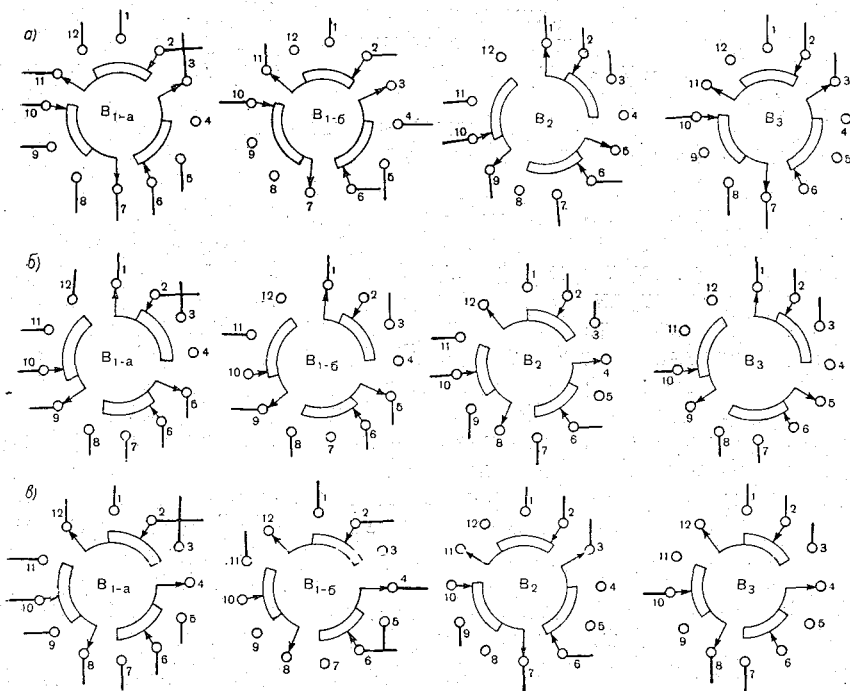


Рис. 12.5. Надписи на панели пульта ДМС и соответствующие им положения переключателей.

а)  $B_1$  — температура,  $B_2$  — контроль,  $B_3$  — батарея; б)  $B_1$  — влажность,  $B_2$  — температура-влажность,  $B_3$  — сеть; в)  $B_1$  — скорость,  $B_2$  — направление,  $B_3$  — выключено.

1 м/сек. Шкала направления круговая с делениями в  $1^\circ$ . После измерения ручка 1 (рис. 12.4) устанавливается в положение «Выключено», ручка 3 — в положение «Скорость», ручка 4 — в положение «Темп. Влажн.» (соответственно этому переключатели  $B_{1-a} - B_{1-б}$  и  $B_2$  занимают положение, указанное на рис. 12.5 в).

Недостаточная точность измерений элементов (главным образом температуры и влажности воздуха), недостаточная надежность и необходимость выполнения значительного числа манипуляций при измерениях мешали широкому распространению

станции. Более совершенной является дистанционная метеорологическая станция М-49.

**Дистанционная метеорологическая станция М-49.** Эта станция (рис. 12.6) предназначена для дистанционного измерения температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра..

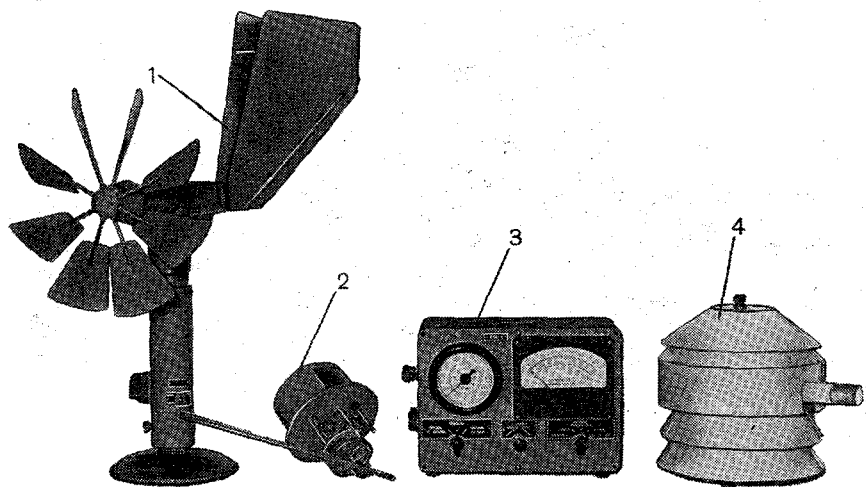


Рис. 12.6. Дистанционная станция М-49.

Она построена главным образом на бесконтактных элементах и поэтому достаточно надежна.

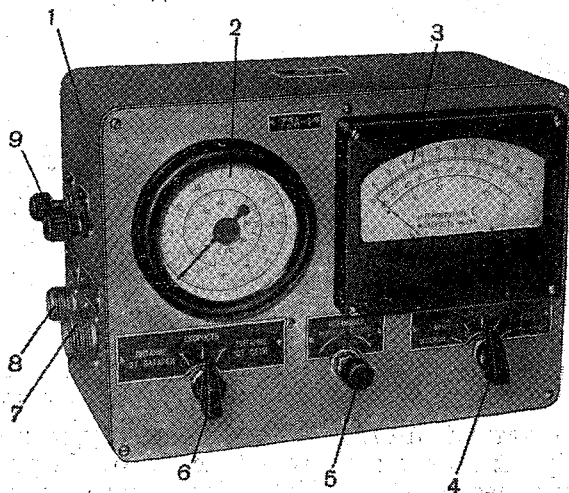
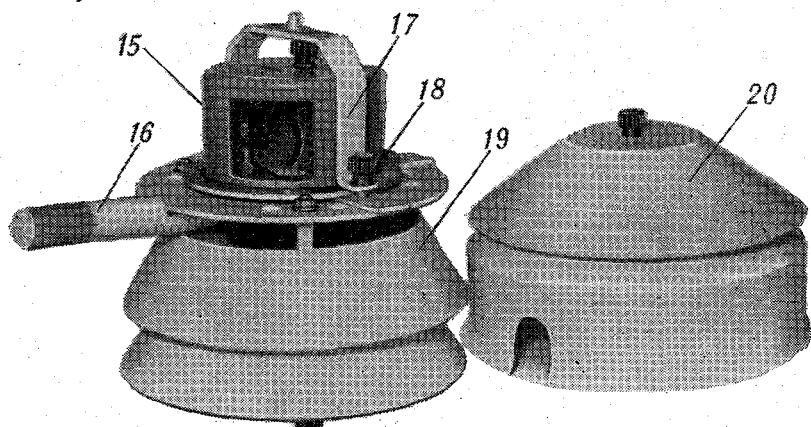


Рис. 12.7. Измерительный пульт М-49.

Станция состоит из блока датчиков ветра 1, блока датчиков температуры и влажности воздуха 2 и 4, измерительного пульта 3 и соединительных кабелей. Измерительный пульт (рис. 12.7)

собиран в правоугольном корпусе 1. На передней его панели размещены указывающие приборы 2 и 3 и рукоятки управления 4, 5 и 6. На боковой стенке пульта имеются клеммы 9 для подключения кабелей от датчиков. В качестве блока датчиков ветра

а)



б)

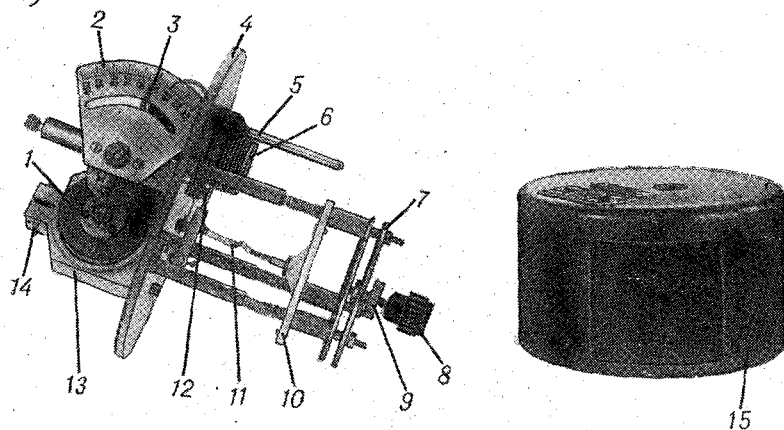


Рис. 12.8. Блок датчиков температуры и влажности М-49.

а — в кожухе со снятым защитным колпаком, б — без кожуха.

использован датчик М-47. Датчики температуры и влажности воздуха собраны в одном корпусе (рис. 12.8). На рис. 12.9 приведена электрическая схема М-49. В качестве чувствительного элемента датчика температуры в станции используется медный термометр сопротивления  $R_t$ . В качестве чувствительного элемента датчика влажности используется мембрана из животной пленки (такая же как в гигрографе). Мембрана механически



связана с ротором бесконтактного сельсина  $M_3$ , играющего роль преобразователя датчика влажности. Датчики соединяются с измерительным пультом с помощью двух кабелей со штепсельными разъемами.

В пульте сосредоточены измерительные устройства и блок питания с преобразователем постоянного тока в переменный с частотой 400 гц. Как видно из схемы, измерительные устройства скорости и направления ветра заимствованы из анеморумбометра

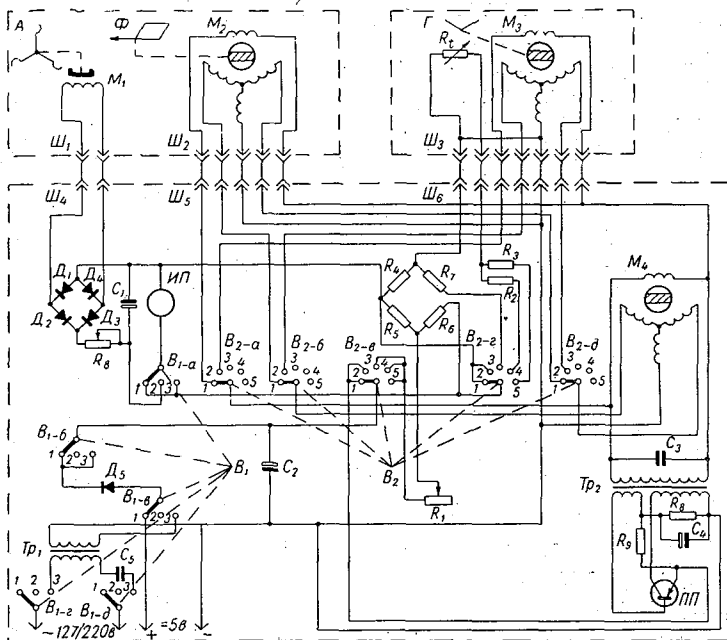


Рис. 12.9. Принципиальная электрическая схема М-49.

М-47 (см. рис. 8.22 и 8.24). Блок питания станции также аналогичен блоку питания М-47. Станция может питаться от сети переменного тока 90—230 в, 50 гц или от источника постоянного тока. Источник питания обеспечивает питание постоянным током неравновесный мост термометра сопротивления и переменным током частотой 400 гц сельсина синхронной связи датчиков направления  $M_2$  и влажности воздуха  $M_3$  и общий для них сельсин-приемник  $M_4$ .

На пульте (рис. 12.7) имеются два измерительных прибора. Один из них служит для измерения направления ветра и влажности воздуха (соответственно этому он имеет две шкалы — в градусах для направления и в процентах относительной влажности). Стрелка этого прибора насажена на оси ротора сельсина  $M_4$  (рис. 12.9). Другой прибор 3 (ИП) служит для измерения

скорости ветра и температуры воздуха; он имеет три шкалы — одну в *м/сек* и две в градусах для измерения температуры воздуха в двух диапазонах.

Под измерительными приборами расположены рукоятки 4 и 6 (рис. 12.7) переключателей  $B_1$  и  $B_2$  и рукоятка 5 реостата  $R_{11}$ , регулирующего напряжение моста термометра сопротивления.

Пакетный переключатель  $B_1$  в положении 1 включает питание от источника постоянного тока, в положении 2 замыкает измерительную цепь скорости ветра и в положении 3 включает питание от сети переменного тока.

При измерении температуры воздуха и направления ветра переключатель  $B_1$  должен находиться в положении 1 или 3. При этом, когда переключатель  $B_2$  находится в положении 1, к сельсину-приемнику  $M_4$  подключается сельсин  $M_2$  датчика направления и на них подается питание — измеряется направление. Когда переключатель  $B_2$  устанавливается в положение 2, к сельсину  $M_4$  подключается сельсин  $M_3$  датчика влажности и на них подается питание — происходит измерение влажности.

При установке переключателя  $B_2$  в положение 3 к мосту сопротивления  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  и  $R_8$  подключается измерительный прибор (ИП) и включается питание моста. Сопротивление  $R_8$  играет роль эталонного (контрольного) сопротивления. При этом стрелка прибора ИП должна установиться на контрольном делении шкалы температуры, в противном случае ее подводят к этому делению, регулируя с помощью рукоятки 5 (рис. 12.7) потенциометра  $R_{11}$  напряжение питания моста. При установке переключателя в положение 4 или 5 вместо сопротивления  $R_8$  в качестве четвертого плеча моста включается термометр  $R_t$  (последовательно с сопротивлением  $R_9$  или  $R_{10}$ ) — происходит измерение температуры в первом или втором диапазоне. Сопротивления  $R_9$  и  $R_{10}$  подгоночные, они устанавливаются при градуировке термометра.

Установка станции М-49 должна производиться в соответствии с указаниями Наставления, вып. 3, ч. III, по установке ДМС-Н-53 (указаний по установке М-49 в Наставлении пока нет) и инструкцией по установке станции М-49.

**Судовая дистанционная гидрометеорологическая станция ГМС-6.** Дистанционная станция устанавливается на больших судах для измерения температуры и влажности воздуха, направления и средней скорости ветра и температуры воды.

Диапазоны и точность измерения станции следующие: температуры воздуха от  $-32$  до  $+32^\circ$  с точностью до  $\pm 0,5^\circ$ , влажности воздуха от 30 до 100% при положительной температуре с точностью  $\pm 5\%$  и до температуры  $-10^\circ$  с точностью  $\pm 10\%$ ; средней скорости ветра от 1,5 до 40 *м/сек* с точностью  $\pm (0,5 \text{ м/сек} + 5\% \text{ измеренной скорости})$ , направления ветра по 16 румбам и температуры забортной воды от  $-2$  до  $+32^\circ$  с точностью  $\pm 0,3^\circ$ .

Станция состоит из измерительного пульта (рис. 12.10), блока метеорологических датчиков (рис. 12.11) и термометра для измерения температуры воды (рис. 12.12). Измерительный пульт может быть установлен на столе или укреплен на стене рубки. На передней и боковых панелях пульта находятся указывающие приборы и рукоятки, служащие для управления работой станции.

Блок метеорологических датчиков устанавливается на специальной мачте так, чтобы он возвышался над палубными надстройками. Термометр для измерения температуры воды выносится за борт и погружается в воду на глубину около 1,5 м. Блок датчиков и термометр для измерения температуры воды соединены с помощью кабеля с пультом. Станция питается от

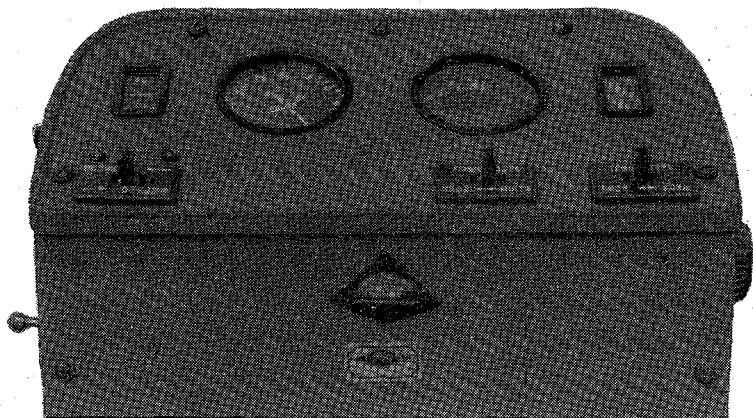


Рис. 12.10. Измерительный пульт ГМС-6.

судовой сети постоянного тока или аккумулятора напряжением 24 в.

Блок метеорологических датчиков схематически показан на рис. 12.13. К металлической трубе 1, служащей мачтой, прикреплен корпус с кожухом 3. Внутри корпуса помещен электромотор с редуктором, оканчивающимся зубчатым колесом 2, связанным с рейкой 4. На стержень рейки опирается нижняя плата с тремя стойками, соединенными с верхней платой и крышкой, между которыми расположен румбометр 5 с приемником контактного анемометра 6 (повернутого чашками вниз) и психрометра 7, состоящего из двух термометров сопротивления — сухого и смачиваемого. С помощью мотора и стержня с рейкой можно опустить все датчики в защитный кожух 3. В таком виде датчики защищены от внешнего воздействия; они выдвигаются только на время производства измерений, этим достигается увеличение продолжительности работы станции.

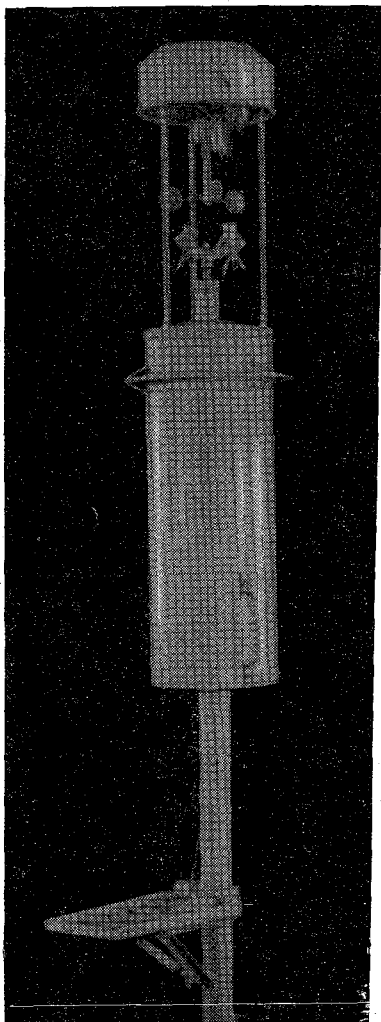


Рис. 12.11. Блок датчиков ГМС-6.

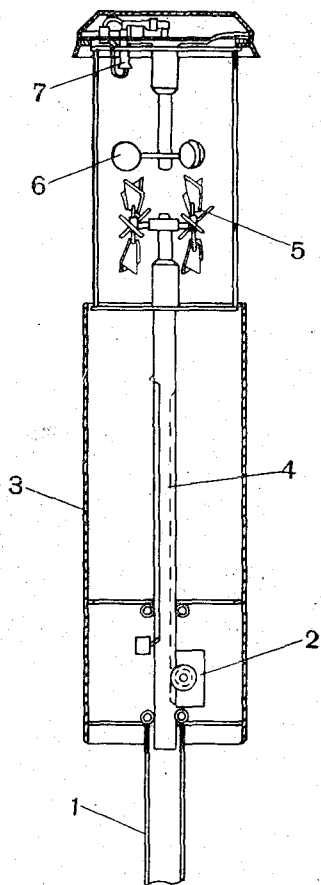


Рис. 12.13. Схематический разрез блока метеорологических датчиков.

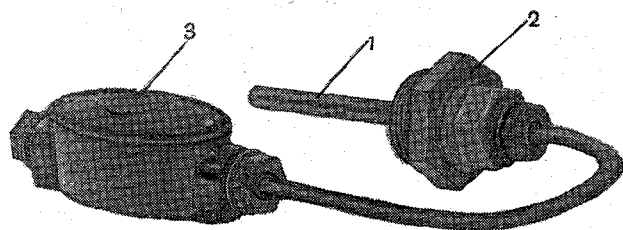


Рис. 12.12. Термометр для измерения температуры воды.

Контактный анемометр в принципе не отличается от описанного ранее в главе 8. Датчик румбометра представляет собой колесо Салейрона, связанное со щетками кругового потенциометра такого же типа, как и в датчике направления АРМЭ. Колесо Салейрона связано со щетками, подводящими питание к круговому потенциометру, не непосредственно, как у флюгарки АРМЭ, а с помощью магнитной муфты<sup>1</sup>. Потенциометр

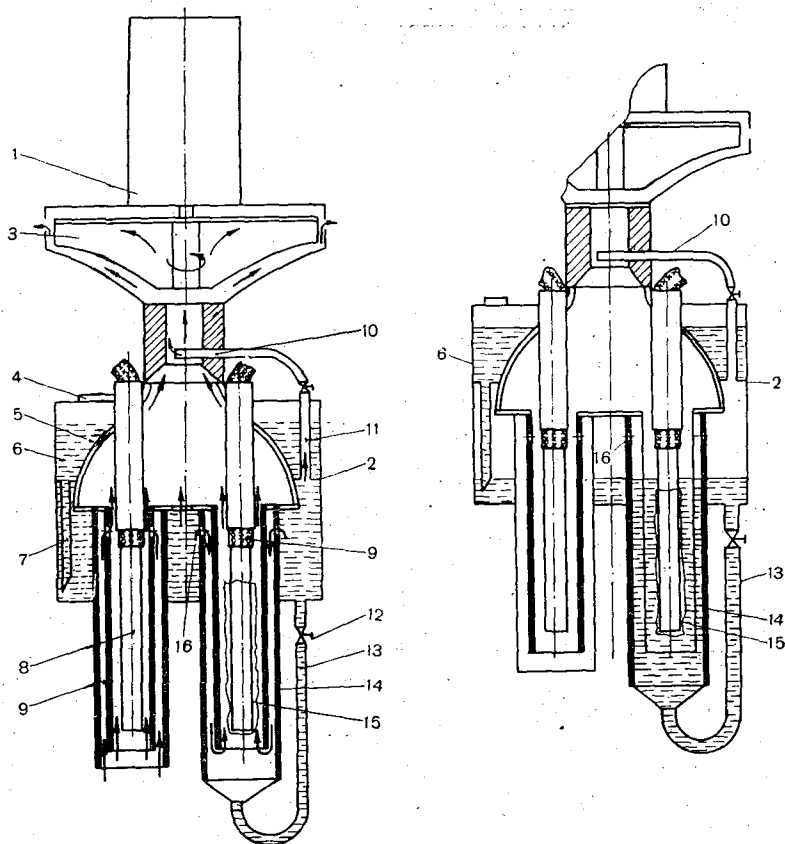


Рис. 12.14. Психрометр.

и щетки заключены в герметическом корпусе. Это увеличивает срок работы потенциометра. Круговой потенциометр закреплен неподвижно, поэтому направление ветра по румбометру определяется относительно курса корабля.

Психрометр (рис. 12.14) состоит из двух термометров сопротивления 8 и 15. На термометр 15 плотно надет батистовый

<sup>1</sup> Описание принципа действия такой магнитной муфты см. АРИВ.

чехол, который автоматически смачивается дистиллированной водой при положительной температуре и 40%-ным раствором спирта в воде при температуре ниже 0°. Термометры сопротивления 8 и 15 укреплены в металлическом тройнике 5, в верхней части которого расположен мотор 1 с вентилятором 3. В нижней части тройника на эбонитовых втулках вставлены трубки 9 и 14, защищающие термометры 8 и 15 от действия солнечной радиации. При измерениях мотор 1 включается, чем обеспечивается аспирация воздуха у термометров.

Устройство для автоматического смачивания термометра состоит из бачка для воды 6, разделенного перегородкой 2 на две части (верхнюю и нижнюю), соединяющиеся между собой трубкой 7. Вода в бачок наливается через отверстие, закрываемое пробкой 4. Нижняя часть бачка с помощью штуцера с краником 12 и резиновой трубки 13 соединяется с защитной трубкой 14 смоченного термометра 15 и с помощью второго штуцера с краном и трубкой 10 соединяется с пространством, в котором при работе мотора получается некоторое разрежение воздуха (пониженное давление). Смачивание термометра 15 происходит тогда, когда установка находится в нерабочем состоянии. Когда мотор 1 не работает, устанавливается равенство уровней воды в полости защитных трубок 14 и нижней части бачка 6, так как они сообщаются через трубку 13. При этом термометр и его батистовый чехол оказываются полностью погруженными в воду, нижняя часть бачка 6 под перегородкой 2 частично заполняется воздухом, поступившим через трубку 10. При включении мотора в пространстве, с которым соединяется верхний конец трубки 10 (во время аспирации воздуха), давление несколько понижается. Воздух из бачка уходит через трубку 10, и освободившееся пространство заполняется водой, поступающей из полости трубки 14. Пространство у смоченного термометра 15 начинает вентилироваться воздухом, поступающим через отверстие 16.

В качестве термометра для измерения температуры воды (рис. 12.12) используется выпускаемый промышленностью медный термометр сопротивления в герметическом металлическом корпусе 1. Корпус имеет уступ 2 с резьбой для крепления термометра к месту установки. Термометр с помощью отрезка кабеля соединен с клеммами распределительной коробки 3, через которую термометр подключается к измерительной схеме.

Все измерительные устройства размещены в пульте. Средняя скорость ветра за 100 сек определяется с помощью шагоискателя, используемого в качестве счетчика импульсов и механизма счета времени, для чего в электрическую цепь, в которой последовательно включены контактный анемометр и якорь шагового искателя, на 100 сек подается питание. Ротор шагоискателя связан со шкалой. Отсчет по шкале производится относительно неподвижного индекса.

Направление ветра отсчитывается по шкале приемно-указывающего устройства (см. АРМЭ).

Измерение температуры и влажности воздуха и температуры воды, т. е. измерение сопротивлений трех термометров, производится с помощью находящегося в пульте равновесного моста с нульгальванометром. Баланс моста достигается с помощью рукоятки, связанной с реохордом переменного плеча моста. Реохорд связан со шкалой, позволяющей отсчитывать в момент равновесного состояния моста значения температуры. Влажность вычисляется по показаниям сухого и смоченного термометров с помощью психрометрических таблиц.

Все три термометра сопротивления подключены к мосту по трехпроводной схеме, в значительной мере исключающей погрешность, связанную с влиянием температуры на сопротивления проводов, соединяющих термометры с мостом. Подъем и опускание датчиков производятся соответствующей рукояткой, включающей питание в цепь мотора подъемного механизма. При достижении крайних положений механизм с помощью концевых переключателей разрывает цепь питания мотора, подготавливая ее для включения обратного хода.

### Автоматические гидрометеорологические станции

Автоматические гидрометеорологические станции в СССР выпускаются серийно около 30 лет. Большинство станций измеряют только метеорологические элементы (и поэтому называются метеорологическими). Станции предназначались главным образом для установки в труднодоступных районах, с особыми географическими и климатическими условиями (пустыни, высокогорные районы, дрейфующие льды и т. п.), где организация и содержание обслуживаемых станций сопряжены с большими трудностями. К этому типу станций относятся АРМС-Н (М-36), АРО, АРИВ, ДАРМС и некоторые другие. Эти станции обеспечивают измерения небольшого числа элементов с недостаточно высокой точностью, что является причиной их относительно ограниченного распространения. По этой же причине они не могут быть положены в основу широкой автоматизированной гидрометеорологической сети при комплексной автоматизации гидрометеорологической службы.

Автоматические станции этого типа разработаны на основе применения электромеханических элементов (электромагнитных реле, шагоискателей и т. д.).

При эксплуатации станций необходимо ознакомиться со специальной литературой [1, 4, 6], инструкциями по эксплуатации станций и пройти практическую подготовку по установке, наладке и запуску станций.

**Автоматическая радиометеорологическая станция наземная АРМС-Н (М-36).** Эта станция предназначена для установки на суше для измерения и передачи результатов измерений атмосферного давления, температуры воздуха, скорости и направления ветра, количества жидких осадков, а также о наличии (или отсутствии) солнечного сияния в месте установки станции в момент ее работы. Результаты передаются станцией в закодированном виде по радио. Работа станции (включение станции в рабочее состояние, производство измерений, кодирование, передача данных, выключение станции) производится автоматически по заранее заданной программе (ежечасно 24 раза в сутки, через каждые 3 час — 8 раз в сутки или через 6 час — 4 раза в сутки).

Данные, передаваемые станцией, принимаются с помощью радиоприемника на слух или на ондулятор и расшифровываются по кодовым таблицам.

Станция должна нормально работать в стационарных условиях при установке ее в пустынных, высокогорных (до 4000 м над ур. м.), таежных районах, в районах вечной мерзлоты. Установка ее допустима как на нормальных, так и на песчаных и скальных грунтах. Она рассчитана на работу без какого-либо обслуживания в течение одного года. По истечении года должна быть проведена техническая инспекция, во время которой выполняются регламентные работы, предусмотренные инструкцией по эксплуатации станции, и профилактический ремонт, а также предусмотренные инструкцией и наставлением контроль точности показаний станции и ее поверка.

АРМС-Н состоит из 10 конструктивно автономно оформленных основных блоков (рис. 12.15): шести датчиков (датчики скорости и направления ветра, температуры воздуха и атмосферного давления собраны попарно в одном блоке), блока управления и кодирования, автопуска, блока питания (защиты с выпрямителем), блока радиопередатчиков, ветродвигателя с генератором (ветрогенератор) и аккумуляторной батареей. Блоки соединяют в общую электрическую схему с помощью кабелей.

Назначение большинства блоков для общего предварительного представления о работе АРМС-Н в достаточной мере поясняется их наименованием и блок-схемой станции (в дальнейшем устройство и работа всех блоков описываются достаточно детально). Некоторое пояснение нужно дать по назначению центральных блоков — управления и кодирования и автопуска.

Блок управления и кодирования служит для автоматического управления работой всех блоков станции, а также для преобразования и кодирования величин, получаемых от датчиков в процессе производства измерений метеорологических элементов.

Блок автопуска в основном предназначен для производства автоматического включения станции в соответствии с программой (через каждые 1, 3 или 6 час), с его помощью производится



также включение датчика скорости ветра во время измерений, на 10 мин подается питание в накальную цепь ламп радиопередатчика и два раза в сутки переключается диапазон волн блока радиопередатчиков (дневные и ночные диапазоны).

В комплект станции входят несущие конструкции — фермы и мачты, а также ряд других необходимых монтажных приспособлений и деталей.

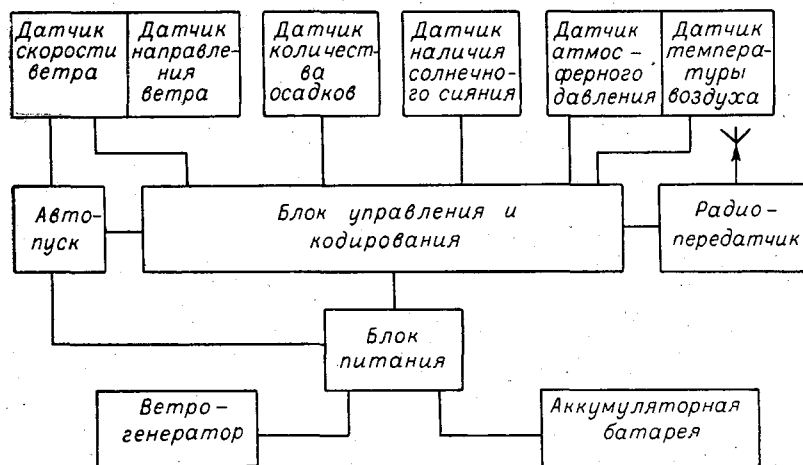


Рис. 12.15. Блок-схема АРМС-Н.

Станция АРМС-Н автоматически измеряет и передает по радио следующие метеорологические параметры:

- атмосферное давление в диапазоне 950—1050 мб с точностью  $\pm 2$  мб;
- температуру воздуха в диапазоне от  $+50$  до  $-50^\circ\text{C}$  с точностью  $\pm 1,5^\circ\text{C}$ ;
- скорость ветра среднюю за 10 мин ( $v$ ) в диапазоне от 2 до 45 м/сек с точностью  $\pm (1 + 0,05 v)$  м/сек;
- направление ветра по 16 румбам с точностью  $\pm 1$  румб;
- количество осадков ( $q$ ), выпавших за 6 час, в диапазоне от 0 до 50 мм с точностью  $\pm (0,5 + 0,04 q)$  мм;
- наличие солнечного сияния в момент работы станции.

Результаты измерений передаются станцией в виде радиограммы; передача продолжается около 105 сек. Радиограмма, например, может иметь следующий вид:

БАВ БАВ БАВ БАВ БАВ БАВ ЮРМС ЯМТ ПДР ОУА ЦД БАС  
ЮРСМ ЯМТ ПДР ОУА ЦД БАС ЮРМС ЯМТ ПДР ОУА ЦД БАС

БАВ — позывные (обычно сочетание из двух, трех или четырех букв), присваиваемые данной станции, Ю, Я, П, О, Ц и Б —

отличительные буквы, присвоенные соответственно давлению атмосферы, температуре воздуха, скорости ветра, направлению ветра, солнечному сиянию и количеству осадков. Остальные буквы дают количественные значения измеренных величин в соответствии с кодовыми таблицами для данной станции.

Станция может работать в одном из трех режимов: ежечасно, каждые 3 час или каждые 6 час. На заводе-изготовителе станция устанавливается в режим «Включение через 6 час». Установка работы станции в другой режим производится на месте эксплуатации.

На рис. 12.16 показана схема размещения блоков АРМС-Н.

Для установки станции выбирают площадку размером примерно  $20 \times 60$  м, по возможности ровную. Вблизи наиболее удаленных друг от друга краев площадки ставятся две мачты 2 и 11. На мачте 2 высотой 10 м устанавливается блок датчиков скорости и направления ветра 1, на мачте 11 — ветрогенератор 10. На мачтах растянута антенна 4 радиопередатчиков 7. Между мачтами в центре площадки устанавливается сборная ферма — подставка 12 высотой 3 м, на верхней плите фермы 12 размещаются блоки датчиков давления и температуры 14 и датчик солнечного сияния 13. На кронштейне фермы на высоте 2 м устанавливается блок радиопередатчиков 7. Блок управления 5 и блок питания 9 устанавливаются в нескольких метрах (1—3 м) от фермы на специальных подставках на высоте 0,25 м; с целью термостатирования они покрываются слоем мха, засыпаются землей и т. п. в зависимости от условий места установки станции.

Датчик жидких осадков 3 устанавливается на подставке таким образом, чтобы верхний край приемного сосуда находился на высоте 2 м. Блок автопуска 6 и батарея аккумуляторов 8 с целью термостатирования закапываются в почву соответственно на глубины 1,5 и 0,5 м.

Блок датчиков температуры воздуха и давления атмосферы (термобароблок). Термобароблок (рис. 12.17) смонтирован на двух круглых платах 5 и 6, скрепленных между собой тремя стойками. Чувствительным элементом датчика температуры является медная капиллярная трубка длиной около 8 м, заполненная толуолом и намотанная на текстолитовый каркас 7. Один конец трубки запаян наглухо, второй соединен с полый геликоидальной пружиной. Полость пружины и капиллярной трубки заполняются толуолом при температуре  $-70^\circ$  и давлении 1,5 атм. Затем отверстие, через которое производится заполнение, герметически перекрывается. Таким образом, трубка и полая пружина представляют собой одну манометрическую систему.

Температурный коэффициент расширения толуола значительно больше, чем меди, поэтому при повышении температуры объем толуола становится больше объема внутренней полости

трубки (и пружины) и толуол, распирая пружину, раскручивает ее; при понижении температуры объем толуола уменьшается больше, чем объем внутренней полости трубки (и пружины), давление понижается и трубка скручивается. Геликоидальная пружина одним концом, связанным с трубкой, прикреплена неподвижно к верхней стороне платы 5, а другой ее конец через биметаллический поводок, тягу и рычаг соединяется с контактной стрелкой 3.

При изменении температуры воздуха контактная стрелка 3 перемещается вдоль контактной шкалы и прижимной рамки, не касаясь их. Контактных шкал две: шкала десятков 2 и шкала единиц 1 (шкала единиц общая с датчиком давления).

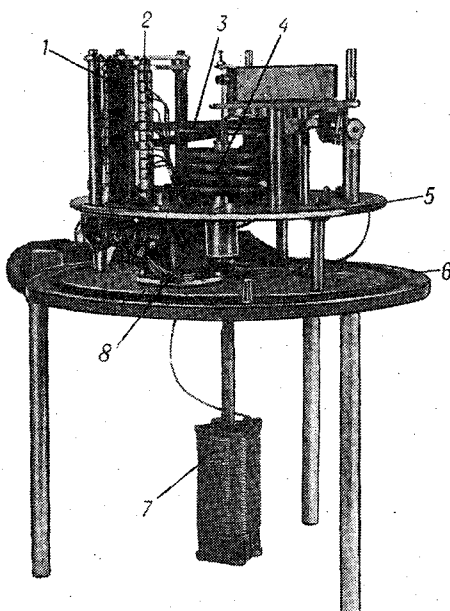


Рис. 12.17. Термобароблок.

Шкала единиц состоит из укрепленных на пластмассовой плате десяти изолированных друг от друга контактных пластинок (проволочек). Шкала десятков состоит из изолированных друг от друга контактных пластинок, каждая из которых по ширине равна контактному полю из десяти контактных пластинок шкалы единиц.

В момент измерений подается питание на электромагниты 8 и рамка, связанная с якорями электромагнитов, прижимает конец стрелки 3 к контактным шкалам.

Капиллярная трубка вместе с каркасом крепится к нижней стороне платы 6, так что она находится внутри хорошо продуваемой жалюзийной защиты, а пружина помещена внутри корпуса блока. В естественных условиях в большинстве случаев температура пружины и толуола, находящегося внутри нее, будет отличаться от температуры трубки и толуола в ней (их температура определяется температурой окружающего воздуха), в результате чего в измерения температуры воздуха будет вноситься погрешность. Для исключения этой погрешности имеется компенсатор — поводок биметалла, включенный в рычажную систему, связывающую пружину со стрелкой.

В качестве чувствительного элемента в датчике давления применен узел из четырех барокоробок 4 (рис. 12.17), сверху коробки связаны через передаточный механизм со стрелкой,

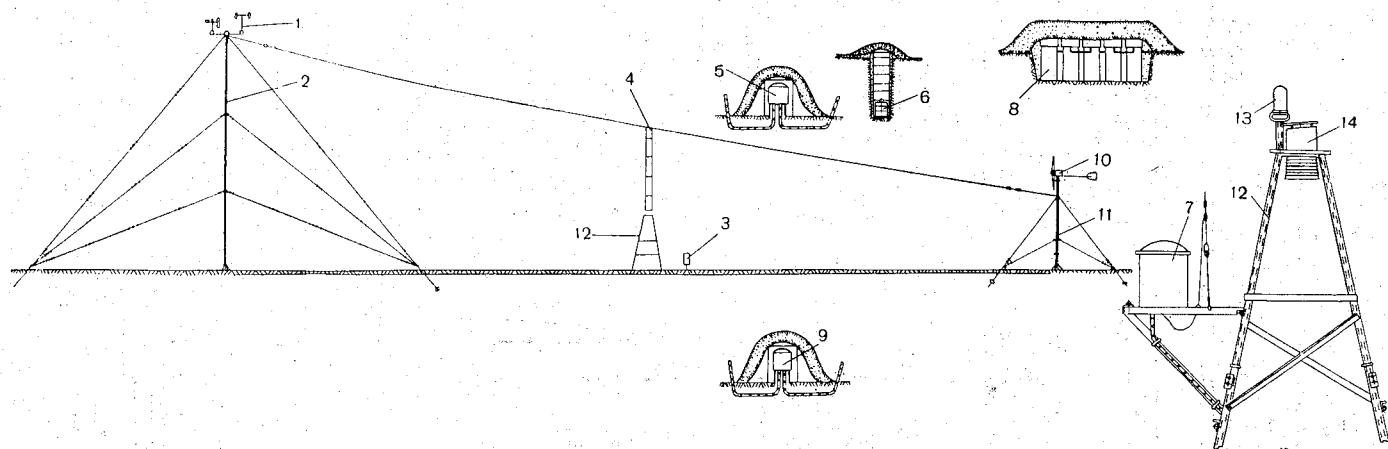


Рис. 12.16. Схема расположения блоков АРМС-Н.

а снизу укреплены на втулке, которая может быть перемещена по вертикали, что дает возможность при градуировке датчика устанавливать стрелку относительно шкалы в соответствии с показаниями контрольного барометра. При изменении давления под воздействием коробки стрелка перемещается вдоль контактных шкал между шкалами и прижимной рамкой, не касаясь их. Контактных шкал две: десятков и единиц (общая с датчиком температуры).

При измерении срабатывает прижимное устройство, аналогичное прижимному устройству датчика температуры.

Блок датчиков скорости и направления ветра смонтирован на кронштейне (рис. 12.18), представляющем собой

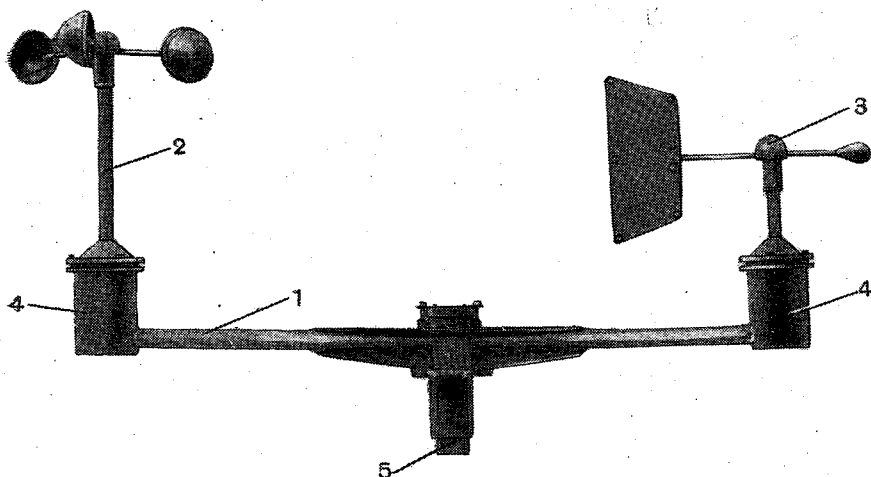


Рис. 12.18. Блок датчиков ветра.

стальную трубу 1 с двумя стаканами 4 на концах. В одном стакане монтируется датчик скорости ветра 2, в другом — датчик направления 3. Снизу кронштейна имеется стакан 5 с сальником для соединительного кабеля. Датчик ветра представляет собой контактный анемометр с чувствительным элементом в виде трехчашечной вертушки.

Редуктор из цилиндрических шестерен (с передаточным числом 1:476) связывает ось вертушки с двумя кулачками (имеющими по одному выступу). Кулачки установлены так, что их выступы расположены диаметрально противоположно. При вращении каждый кулачок через пружинные толкатели воздействует на свою контактную группу, состоящую из нормально разомкнутых контактов  $K_1$  и  $K_2$  (рис. 12.19), замыкаемых зубцом кулачка.

Роль счетчика импульсов тока (замыканий), поступающих от датчика за 10 мин во время измерений, когда на анемометр подается плюс напряжения, включаемого автопуском, выполняет

шаговый искатель (помещенный в блоке управления), ротор шагового искателя при каждом импульсе тока (замыкании контакта  $K_1$  или  $K_2$ ) перемещается относительно статора на одну контактную пластину. Счет числа замыканий за 10 мин производится с помощью блока управления и кодирования по шкале, выполненной из четырех рядов контактов статора шагового искателя.

Эта шкала имеет 50 делений (50 м/сек), причем первый и третий ряды представляют шкалу единиц, а второй и четвертый — шкалу десятков. Для исключения длительной подачи питания на

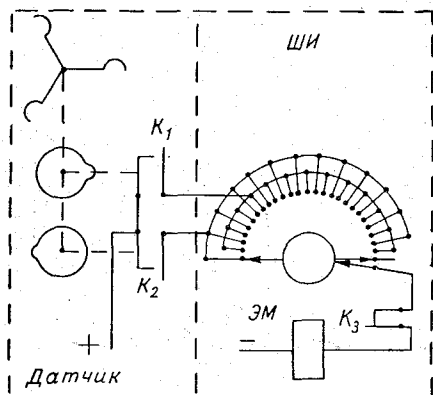


Рис. 12.19.

обмотку электромагнита ротора шагового искателя (особенно при малых скоростях ветра) и возможности дробления при этом импульсов питание на электромагнит подается контактами  $K_1$  и  $K_3$  через ламели седьмого ряда пластин статора (через все короткозамкнутые четные номера седьмого ряда от одной контактной группы  $K_1$ , через короткозамкнутые нечетные — от другой,  $K_2$ ). Таким образом, время подачи питания на якорь шагового искателя не зависит от скорости ветра, а определяется скоростью срабатывания шагоискателя (около 30 м/сек). Число импульсов пропорционально скорости ветра. Шагоискатель, по существу, является частью блока управления и кодирования.

Датчик направления представляет собой флюгарку (рис. 12.20), ось которой связана с контактной стрелкой КС, прижимаемой во время измерений с помощью электромагнита ЭМ к контактной шкале КШ. Флюгарка крепится на вертикальной оси, установленной на двух шарикоподшипниках. Ось флюгарки связана с осью контактной стрелки не жестко, а при помощи магнитной муфты ММ, аналогично тому как это сделано в М-63,

поэтому во время снятия показаний, когда стрелка прижата, колебания флюгарки не вызывают изменения положения стрелки.

Контактная шкала (рис. 12.21) представляет собой пластмассовый диск 8 с восемью контактными ламелями 2 и центральным контактным кольцом 3. Каждая ламель связана проводом с определенной группой контактов искателя кодирования в блоке

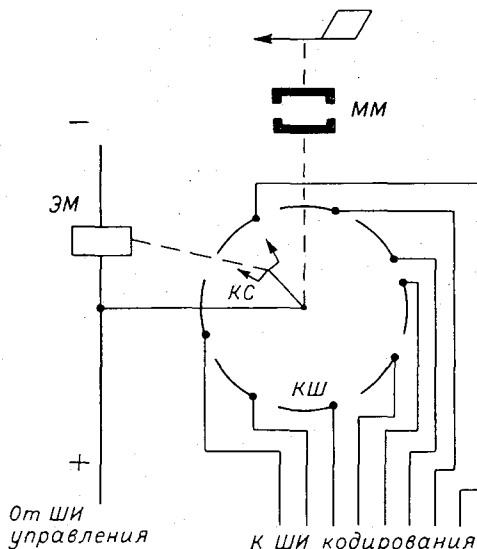


Рис. 12.20.

управления, дающей в сочетании соответствующую букву кода. Контактная стрелка укреплена на текстолитовом диске 6. На одном конце диска укреплены две контактные пружины 4 с контактами для замыкания с контактными ламелями 2, на другом конце диска — контактная пружина 7 с контактом, расположенным над контактным кольцом шкалы 3.

Для определения положения флюгарки в момент отсчета служит прижимное устройство. Оно состоит из стакана 10, внутри которого помещена катушка электромагнита 9.

В центре сердечника электромагнита вставлена ось 1, на которой вращается контактная стрелка и якорь электромагнита 5. В момент отсчета якорь прижимается к стакану электромагнита, при этом контактные пружины прижимаются к ламелям и кольцу шкалы — происходит подача напряжения с кольца через контактную стрелку на одну или две ламели и на соответствующие контакты шагоискателя кодирования.

Контактное и прижимное устройство тремя стойками крепятся к основанию румбометра и помещаются в стакан 4 (рис. 12.18).

Датчик жидких осадков (рис. 12.22) состоит из приемного сосуда 1 с приемной поверхностью  $500\text{ см}^2$  и основания 2, на котором монтируется измерительный механизм датчика.

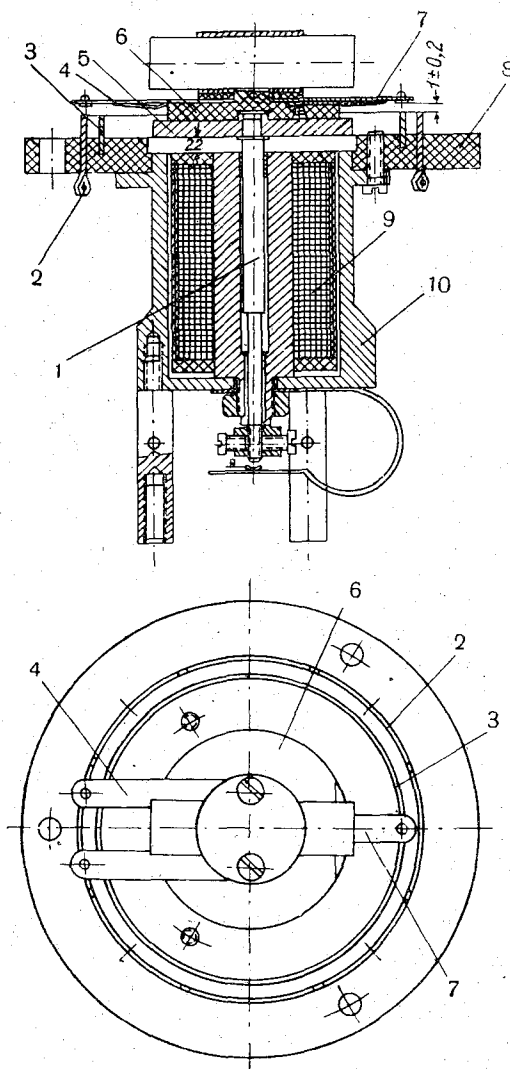


Рис. 12.21. Контактная шкала датчика направления.

Приемный сосуд представляет собой цилиндр, в средней части которого впаина воронка. Отверстие воронки заделано решеткой (для удержания случайно попавших предметов). Под отверстием приемного сосуда на основании укреплена сливная воронка. Под



сливной воронкой находится мерный сосуд-челнок 5, разделенный перегородкой на две равные камеры. Сосуд расположен на двух опорах, на которых он может совершать около горизонтальной оси качания (подобно челноку) между двумя крайними положениями, определяемыми ограничительными упорами 4 и 8, оканчивающимися контактными поверхностями. Центр тяжести

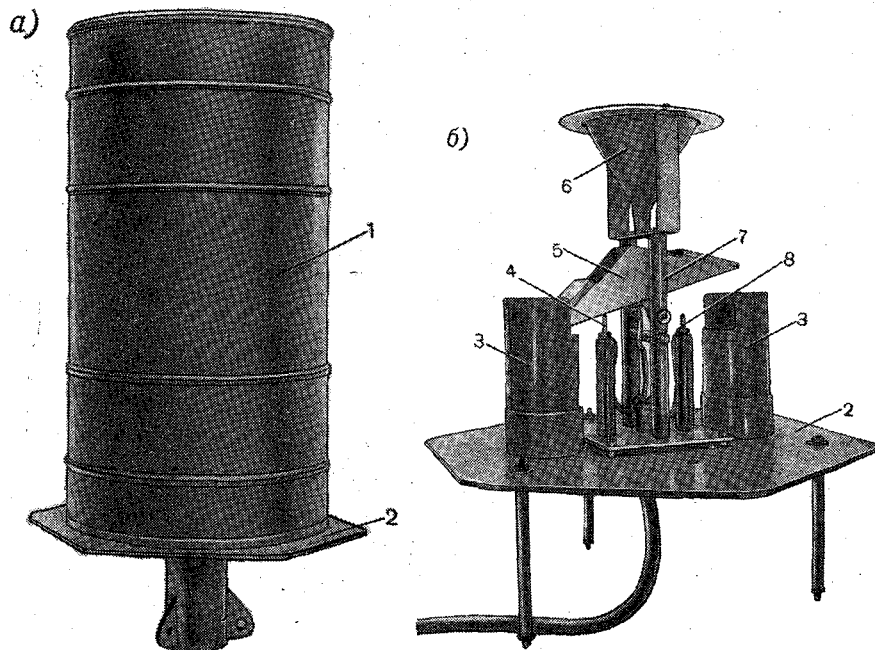


Рис. 12.22. Датчик жидких осадков (а), механизм датчика (б).

сосуда 5 находится выше оси качания, поэтому его положение неустойчивое. Он может находиться только в одном из двух крайних положений. Если сосуд 5 слегка вывести из одного крайнего положения, он резко перейдет (кахнет) в другое крайнее положение. При этом челнок через контакты упоров 4 или 8 замкнет одну из двух электрических цепей счетного устройства. Положение упоров регулируется: они могут быть подняты (вывинчены из гнезда) или опущены (ввинчены). Когда мерный сосуд (челнок) находится в положении крайнего отклонения (любом), под сливной воронкой 6 всегда находится одна из его камер, причем в этом положении она оказывается выше второй. При выпадении осадков через сливную воронку заполняется расположенная под воронкой камера мерного сосуда. Как только она заполняется определенным количеством воды,

сосуд выводится из равновесия, занимает второе крайнее положение и под воронкой оказывается другая (пустая) камера мерного сосуда. Вода из первой камеры сливается через водосливный цилиндр 3 и попадает на землю. При заполнении второй камеры процесс повторяется.

Упоры 4 и 8 устанавливают таким образом, чтобы равновесие мерного сосуда нарушалось при заполнении его верхней камеры

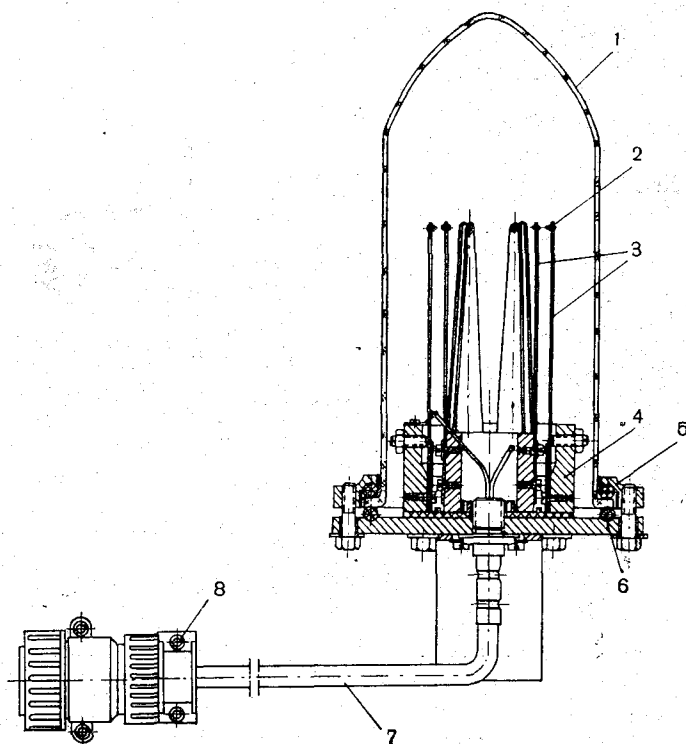


Рис. 12.23. Общий вид датчика солнечного сияния.

(находящейся под сливной воронкой)  $25 \text{ см}^3$  воды. Этот объем соответствует (при приемной поверхности сосуда 1, равной  $500 \text{ см}^2$ )  $0,5 \text{ мм}$  осадков. Количество выпавших осадков соответствует произведению  $0,5 \text{ мм}$  на число качаний мерного сосуда. Число качаний определяется автоматически таким же счетным устройством, как число импульсов датчика скорости ветра.

Датчик наличия (или отсутствия) солнечного сияния. Датчик представляет собой шесть пар биметаллических контактных пластин 3 (рис. 12.23), укрепленных на основании 6 в изоляционных колодках 4. Датчик герметически закрыт

прозрачным колпаком 1, крепящимся к основанию вместе с резиновыми прокладками и прижимным кольцом 5 болтами. Контактные пластины 3 являются чувствительным элементом датчика. Наружные пластины окрашены в черный цвет. Контакты 2 пластин 3 нормально разомкнуты. Они остаются разомкнутыми при любых изменениях температуры окружающего воздуха, так как обе пластины каждой пары одинаково при этом деформируются (при понижении температуры они все изгибаются в сторону колпака, при повышении — в обратную сторону, от колпака к центру).

При наличии солнечного сияния по крайней мере одна наружная зачерненная пластина освещается прямыми солнечными лучами, вследствие чего она нагревается больше своей парной (внутренней) пластины, дополнительно деформируется и контакт 2 оказывается замкнутым. Все шесть внутренних пластин и все шесть наружных коротко замкнуты между собой и соединены с кодирующим устройством двумя проводами (кабель 7) со штепсельным разъемом 8.

При замкнутых контактах 2 кодирующее устройство выдает определенный кодовый знак наличия солнечного сияния; отсутствие этого знака в радиограмме свидетельствует об отсутствии солнечного сияния в момент измерения. Датчик солнечного сияния устанавливается на кронштейнах так, чтобы вертикальная ось симметрии датчика была расположена по оси мира. Для этого она должна быть наклонена к горизонту под углом, равным широте места, и находиться в одной плоскости с полуденной линией (направление от прибора на юг).

Блок управления и кодирования. Этот блок совместно с автопуском обеспечивает автоматическую работу станции по заранее заданной программе (в определенное время в определенной последовательности) и производит кодирование, преобразуя данные, получаемые от датчиков, в сигналы азбуки Морзе.

Блок управления и кодирования (рис. 12.24) содержит счетно-кодировские устройства (пять шаговых искателей 3—7: два ШИ кодирования, ШИ управления, ШИ — счетчик датчика скорости ветра, ШИ — счетчик датчика количества осадков; реле переключения шкалы осадкомера), мультивибратор 2 и искрогасительный блок 1. Монтаж узлов блока осуществлен на плате 8 и на основании 9. Плата соединена с основанием с помощью стоек. В блоке размещены также конденсаторы и сопротивления цепей искрогашения, обеспечивающих нормальную работу контактов и повышающих тем самым надежность станции. К основанию блока через резиновое уплотнение прижимается кожух, который обеспечивает его водонепроницаемость. Снизу к основанию прикреплены штепсельные разъемы и штекерные колодки для подключения кабелей и шагоискателей кодирования.

В кодирующем устройстве станции используются телефонные шагоискатели. Шагоискатель имеет статор и ротор, смонтирован-

ные на общей плате с электромагнитом. Статор имеет контактное поле, состоящее из нескольких рядов изолированных друг от друга ламелей (пластинок), расположенных равномерно по дуге в  $180^\circ$ . Применяемые в АРМС ШИ-25/8 имеют контактное поле из 8 рядов по 27 ламелей. На оси ротора смонтированы контактные щетки и храповое колесо. Число щеток равно числу рядов ламелей. При вращении ротора каждая щетка контактирует со своим рядом. Щетки двусторонние, смещенные на  $180^\circ$ . Пол-оборота ротора с ламелями контактирует одна сторона щеток,

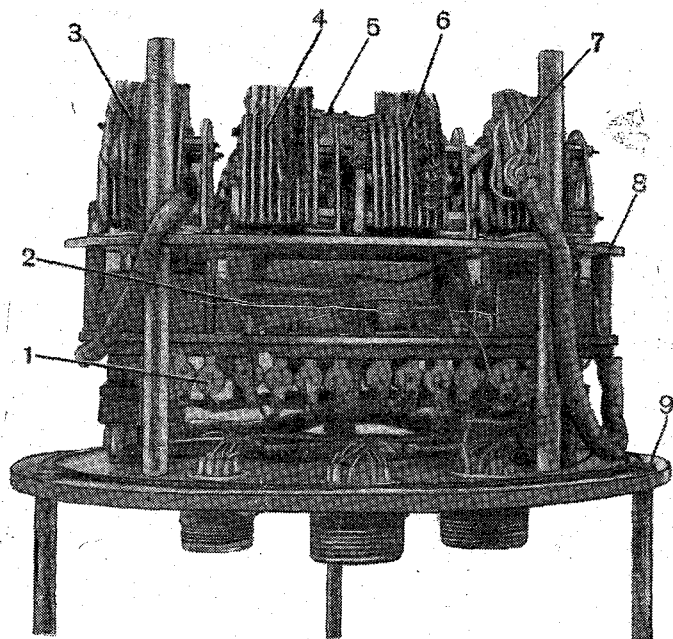


Рис. 12.24. Блок управления и кодирования.

а пол-оборота — другая. Вращение ротора обеспечивается электромагнитом, якорь которого приводит в движение храповик с пружиной, перемещающей храповое колесо ротора при каждом срабатывании якоря на один зуб. При каждом срабатывании электромагнита ротор поворачивается на такой угол, что щетки перемещаются по контактному полю статора на одну ламель. Щетки изолированы друг от друга и через контактные пружины, скользящие по контактным кольцам ротора, электрически связаны с крайними контактами в начале каждого ряда контактного поля статора. Питание электромагнита осуществляется через нормально замкнутую контактную группу, размыкающуюся при срабатывании якоря и вновь замыкающуюся при его отпуске.

Шаговые искатели используются в блоке управления и кодирования в качестве счетчиков кодирующих и управляющих устройств. С помощью ШИ можно сосчитать число импульсов, подаваемых из внешних цепей на электромагнит якоря ШИ (например, от датчика скорости ветра) по смещению щеток ротора от начального до исходного положения их на контактном поле статора. При этом ламелям ряда может присваиваться цифра, а рядам — разряды (единицы, десятки, сотни).

Установка щеток ротора в заданном положении может, например, осуществиться при подаче питания на обмотку электромагнита ШИ через один из рядов ламелей статора. При этом ротор будет поворачиваться, пока щетка контактирует с ламелями, на которые подано напряжение.

При использовании ШИ в качестве кодирующего устройства ламели контактного поля включаются совместно со щетками якоря в выходные цепи по одной, группами (по три) или не включаются в цепь; в результате при замыкании их щетками

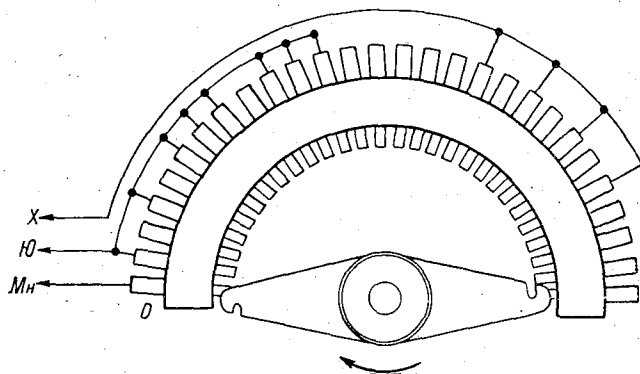


Рис. 12.25. Схема раскладки контактного поля шагоискателя.

в цепи будут соответственно возникать либо короткие импульсы тока продолжительностью прохождения щетки одной ламели (что будет соответствовать точке), либо в три раза более длительные, соответствующие времени прохождения щетки трех ламелей (что воспринимается как тире), либо импульсы не возникнут, когда щетки будут контактировать с ламелями, не включенными в цепь (что воспринимается как интервал между знаками).

Соединяя ламели шагового искателя в определенные сочетания точек и тире, составляют телеграфный код в виде букв азбуки Морзе, который используется для передачи информации станции.

На рис. 12.25 показан монтаж одного из рядов шагового искателя статора и ротора. Для примера на нем изображен монтаж двух букв: Ю и Х.

Принципиальная схема блока управления и кодирования приведена на рис. 12.26. Шаговые искатели на схеме изображены условно. Справа изображено контактное поле статора шагового искателя, слева — контактные щетки ротора, электромагнит с контактной группой. (Отдельные концы щеток удаляются при монтаже станции и на схеме не изображены.)

Счет рядов в шаговом искателе ведется от основания статора (на схеме сверху вниз). Счет ламелей производится по направлению вращения ротора, т. е. от электромагнита (на схеме слева направо).

Каждый квадратик, обозначенный на схеме на контактном поле статора, представляет собой одну ламель, прямоугольники — соединенные между собой ламели.

Обозначенные на схеме статора квадратами и прямоугольниками ламели с одной и той же буквой в шаговом искателе соединены между собой. Места, не обозначенные на схеме буквами, показывают, что соответствующие ламели статора в шаговом искателе не включены в схему.

Работа шаговых искателей кодирования происходит следующим образом. При включении положительное напряжение от батареи питания через диод  $D_1$  поступает на мультивибратор. Мультивибратор представляет собой генератор на двух триодах, смонтированных по схеме с общим эмиттером, с усилителем (на одном триоде). Он нагружается обмоткой электромагнита шагового искателя. При подаче питания постоянного тока мультивибратор генерирует импульсы тока с частотой около 15 гц, обеспечивая работу шаговых искателей, используемых для кодирования.

Электрические импульсы от мультивибратора через провод 6 поступают на щетку ротора седьмого ряда шагового искателя  $КП_1$ , а через него на седьмой ряд контактного поля статора на 25 первых ламелей с обозначением № 1, которые соединены между собой и с катушкой электромагнита  $КП_1$ . В дальнейшем при чтении схемы на рис. 12.26 *ШИ* будет указываться также по обозначению его электромагнита, например, *ШИ* № 1 или  $КП_1$ . Ротор шагового искателя  $КП_1$  от воздействия электрических импульсов мультивибратора на катушку электромагнита будет скачкообразно вращаться в поле статора до тех пор, пока щетка ротора седьмого ряда не установится на 26-й ламели, обозначенной № 2. В этот момент электрические импульсы мультивибратора поступят на электромагнит шагового искателя  $КП_2$  и заставят его ротор сдвинуться с ламели, обозначенной № 1; произойдет разрыв цепи питания обмотки электромагнита шагового искателя  $КП_1$  от мультивибратора,

Ротор шагового искателя  $КП_2$  под воздействием импульсов мультивибратора через ламель № 2 седьмого ряда шагового искателя  $КП_1$  будет вращаться до тех пор, пока противоположная щетка ротора не остановится на 24-й ламели, обозначенной № 1.

В этот момент произойдет обратное переключение шаговых искателей кодирования, так как через ламель с обозначением № 1 в цепь 6 мультивибратора включится катушка электромагнита шагового искателя  $KП_1$ , щетка ротора седьмого ряда разомкнется с 26-й ламелью, через которую питается катушка электромагнита шагового искателя  $KП_2$ , и он остановится. Дальнейшие переключения шаговых искателей кодирования происходят аналогичным образом. За каждую четверть оборота ротора шагового искателя  $KП_1$  происходит перемещение ротора шагового искателя управления  $KП_4$  на следующую ламель. Это осуществляется подачей положительного импульса с минимального реле (+П) в шестом ряду шагового искателя  $KП_1$  на 1 и 2. Точки 1 и 2 шагового искателя  $KП_1$  непосредственно соединены с точками 1 и 2 третьего ряда шагового искателя управления  $KП_4$ , через которые с помощью щетки ротора третьего ряда (20) подается импульс тока на катушку электромагнита.

Как только щетка ротора четвертого ряда шагового искателя управления  $KП_4$  достигает 27-й ламели, напряжение с ротора поступает через разъем  $Ш_7$ , контакт 10 на вторую обмотку минимального реле  $R$  через собственную контактную группу и происходит выключение станции.

Шаговый искатель управления  $KП_4$  осуществляет работу станции по заданной программе, включая и отключая определенные электрические цепи, а в конце цикла работы производит сброс набранных параметров и выключение станции.

Шаговые искатели набора скорости ветра  $KП_3$  и набора жидких осадков  $KП_5$  являются накопителями данных за определенные интервалы времени (скорости ветра за 10 мин и осадков между сроками передачи).

Сигналы значений измеренных параметров поступают от датчиков непосредственно в блок управления и кодирования, преобразуются в нем в определенные кодовые сочетания и поступают на манипуляционное реле радиопередатчика. Для предохранения транзисторов от пробоя при случайном включении тока обратной полярности в цепь по линии «плюс» поставлен полупроводниковый диод  $D_{1-1}$ .

Кодирующие и управляющие цепи шаговых искателей монтируются путем соединения проводами ламелей контактного поля статоров. На пяти рядах статоров двух шаговых искателей кодирования монтируются кодовые знаки, позволяющие получить 1000 различных значений любого кодируемого элемента и давать отличительный знак каждому измеряемому элементу. Кодовые знаки составляют пять групп: две на контактном поле статора ШИ кодирования № 1 и три на ШИ № 2. Группы равномерно разделены промежутками, соответствующими необходимому интервалу между двумя знаками телеграфного кода.

В первой группе содержатся отличительные знаки элементов,

во второй и третьей — буквы кода десятков, в четвертой и пятой — буквы кода единиц.

К полю первой группы подводятся цепи питания от соответствующих пластин первого и второго рядов статора ШИ управления. К полю второй и третьей групп подключаются цепи шкалы десятков датчиков (тех, у которых они имеются), к четвертой и пятой — цепи шкал единиц датчиков.

На полях восьмого ряда обоих ШИ кодирования монтируются буквы позывных, присваиваемые станции. Цепь питания позывных подается от первого ряда ШИ управления. На шестом ряду ШИ кодирования № 1 подается питание на ШИ управления. Через седьмые ряды обоих ШИ кодирования подается для них питание.

Щетки 1, 2, 3, 4, 5 и 8-го рядов ШИ кодирования № 1 и щетки 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 8-го рядов ШИ кодирования № 2 связаны с обмоткой реле манипуляции. Контактное поле статора ШИ управления используется для создания (монтажа) управляющих цепей. Через первый, второй, четвертый и пятый ряды подается напряжение питания на датчики и на ряды позывных и отличительных букв ШИ управления. Через третий ряд подается питание на собственный электромагнит (ШИ управления). Через шестой и седьмой ряды осуществляется управление мультивибратором и умформером (подача питания от батарей) и блокировка минимального реле.

Автопуск. Этот блок совместно с блоком управления и кодирования обеспечивает автоматическую работу станции по заданной программе. Он выполняет следующие операции. За 12 мин до очередного срока выдачи информации станции включает на 10 мин питание к датчику скорости ветра и к его счетчику. За 30 сек до передачи подает питание в накальные цепи радиопередатчика. Каждые 12 час переключает радиопередатчики станции (на разные длины волн, для передач в дневное и ночное время). Через 1 мин после окончания передачи включает питание в цепь аварийного выключения станции на случай, если станция не выключилась.

Автопуск содержит часовой механизм 1 (рис. 12.27) с тремя кулачками и контактными группами 6, два реле, редуктор 7 с тремя парами кулачков и контактными группами и мотор для автоматического подзавода часового механизма. Кулачки парами посажены на три оси редуктора, вращающиеся с разными скоростями: часовую, 6-часовую и 24-часовую. Блок смонтирован на плате 3 и герметически закрывается двумя кожухами, прижимаемыми через резиновые кольца 4 к плате и к основанию блока. Через сальник 5 основания проходит кабель, с помощью которого автопуск соединяется с остальными блоками станции.

Часовой механизм работает непрерывно и обеспечивает выполнение заданной программы. Для обеспечения возможно большей точности ведения программы во времени часы автоматически еже-



часно подзаводятся, благодаря чему силовая пружина развивает постоянное усилие и ход часов будет постоянным. Кроме того, автопуск при установке станции закапывается в почву, чем для него создается относительно постоянный температурный режим.

Ежечасно подзаводка происходит следующим образом. При замыкании контактов  $I_2—I_3$  (они замыкаются на 30 сек)

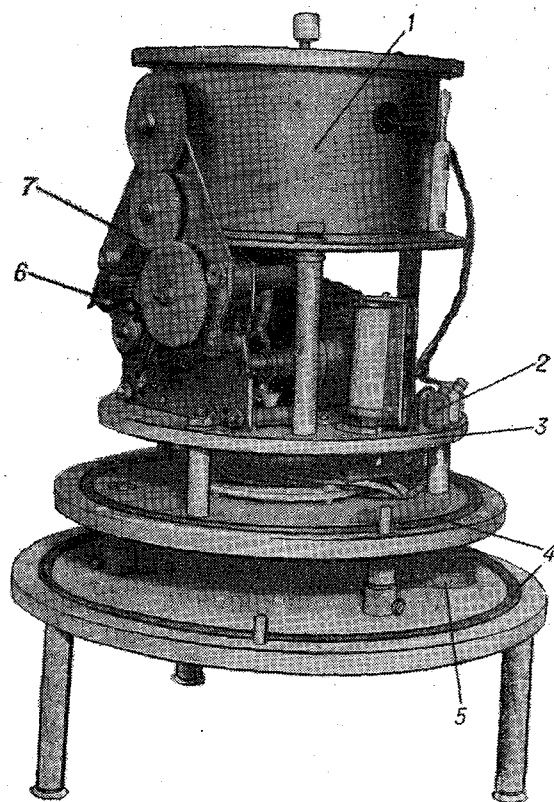


Рис. 12.27. Автопуск.

(рис. 12.28) включается реле  $P_1$ , которое при срабатывании образует цепь: «+» напряжения, контакт  $P_{1-2}$ , нормально замкнутый контакт  $P_{2-2}$ , мотор  $M$ , «-» напряжения. Мотор через редуктор начинает подзаводить часы, при этом вращаются кулачки редуктора. Кулачком 1 замкнется группа  $K_1$ , которая подаст питание на мотор  $M$ , минуя  $I_2—I_3$  (блокировочная цепь питания: «+»,  $K_1$ , мотор, «-»). Примерно через 0,5 сек кулачок 2 замкнет контактные группы  $K_{2-1}$  и  $K_{2-2}$ . При этом создается цепь («+»,  $K_{2-2}$ ,

$K_3$  (если он замкнут), через штырь 1 разъема ШР в блок управления), через которую посылается импульс тока в блок управления и кодирования.

Контактная группа  $K_{2-1}$  образует цепь включения реле  $P_2$  («+»,  $P_{1-1}$ ,  $K_{2-1}$ , реле  $P_2$ , «-»). Контактная группа  $K_{2-2}$  реле  $P_2$  разомкнется и мотор начнет питаться через блокировочную цепь (минуя контакты  $I_1$ — $I_2$  часов). После полного оборота оси кулачков 1 и 2 группы  $K_1$  и  $K_{2-1}$  разомкнутся и разорвут цепь питания мотора. Мотор остановится (после подзаводки часов).

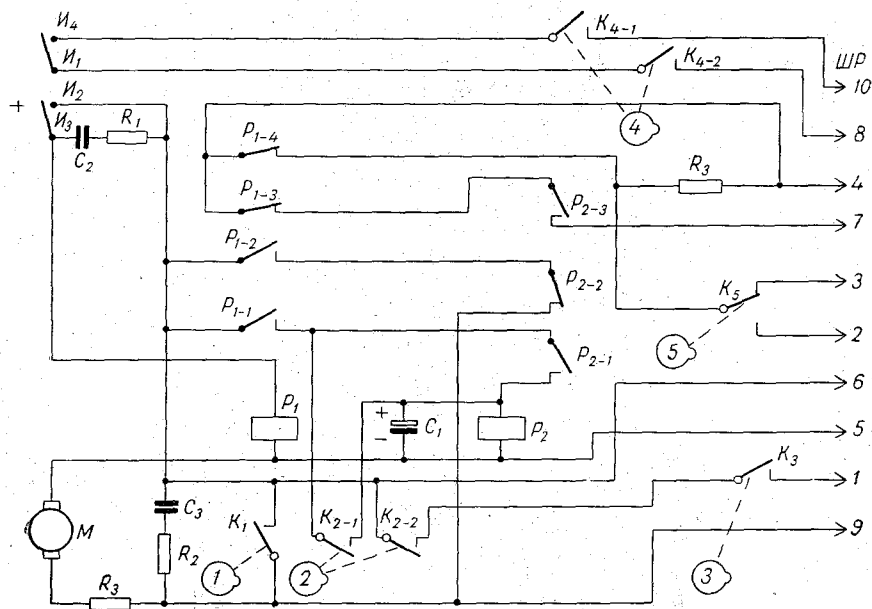


Рис. 12.28. Схема автопуска.

Реле  $P_1$  и  $P_2$  остаются замкнутыми, так как на  $P_1$  подается питание через контакты  $I_2$ — $I_3$ , а на  $P_2$  — через  $I_2$ — $I_3$  и  $K_{2-1}$  реле  $P_2$ . По истечении 30 сек часовой механизм разрывает контакты  $I_2$ — $I_3$ . Реле  $P_1$  отпускает и через 0,02 сек отпускает  $P_2$  (оно шунтировано емкостью и поэтому отпускает с замедлением). Во время задержки реле  $P_2$  пропускается второй импульс тока. Примерно через 3 мин после включения  $I_2$ — $I_3$  включается контактная группа  $I_2$ — $I_4$ , при этом запитывается цепь аварийного включения станции.

Один из кулачков (5) 24-часовой оси управляет контактными группами, переключающими два раза в сутки радиопередатчики для ночной и дневной работы.

Блок радиопередатчиков. Этот блок обеспечивает передачу в эфир кодированной информации, поступающей из блока управления и кодирования. Он состоит из двух радиопередатчиков (для дневных передач в диапазоне длин волн 60—90 м и для ночных передач в диапазоне 90—120 м) и антенны с фидерами, подвешиваемой на двух мачтах.

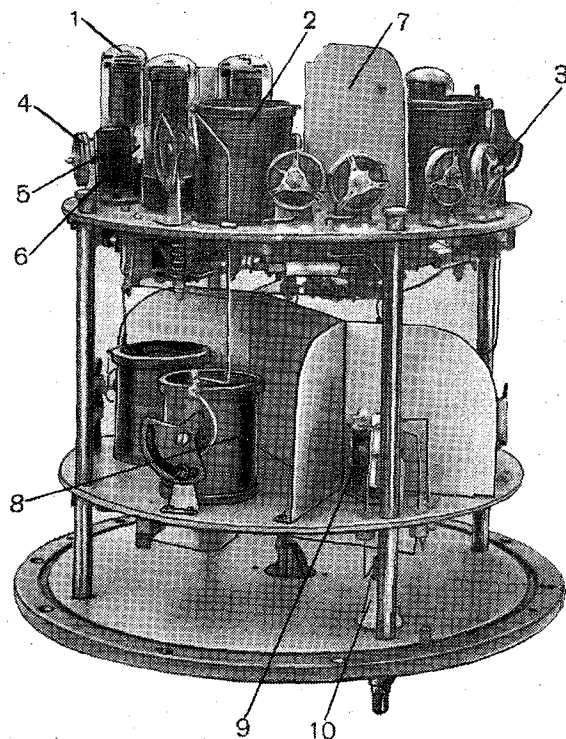


Рис. 12.29. Блок радиопередатчиков.

Внешний вид блока радиопередатчиков показан на рис. 12.29, а принципиальная схема — на рис. 12.30. Блок смонтирован на двух платах и основании. На верхней плате размещены лампы, контурные катушки, подстроечные конденсаторы задающего и выходного каскадов, кварцевые пластины и реле манипуляции. На нижней плате размещены четыре вариометра (по два на каждый передатчик, по одному к каждой ветви фидера), антенные реле и конденсаторы. Обе платы с помощью стоек крепятся к основанию. На основании установлены проходные изоляторы антенн и штепсельный разъем для соединения с помощью кабеля с остальными блоками станции. Каждый из радиопередатчиков

содержит задающий генератор и усилитель мощности, связанный антенно-фидерной системой; задающий генератор собран (на лампе  $\Pi_1$ ) по схеме Шембеля с кварцем, включенным между

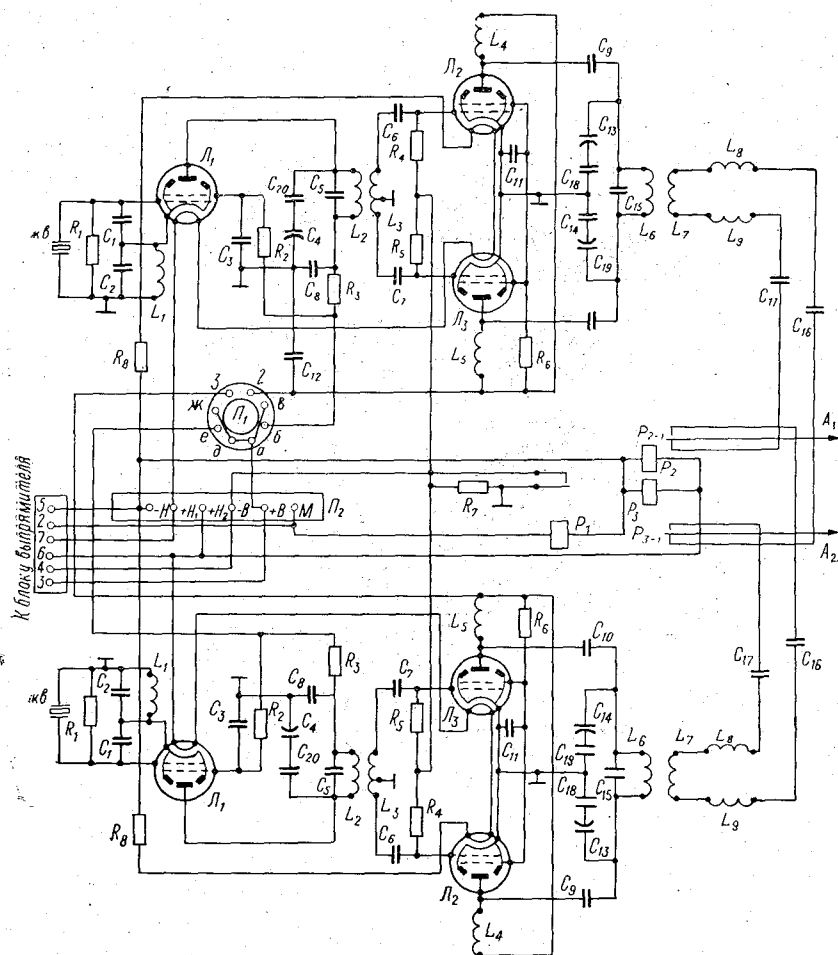


Рис. 12.30. Принципиальная электрическая схема радиопередатчика.

управляющей и экранирующей сетками лампы  $\Pi_1$ . Автогенераторная часть собрана по трехточечной схеме с емкостной обратной связью; кварц играет роль индуктивности колебательного контура, а конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  — его емкости.

Автоматическое смещение на управляющую сетку лампы обеспечивается сопротивлением  $R_1$ . Дроссель  $L_1$  обеспечивает

прохождение на катод постоянной составляющей тока цепи управляющей сетки. Колебательный контур анодной цепи задающего генератора составлен из индуктивности  $L_2$  и емкостей  $C_4$  и  $C_5$ . Питание анодной цепи подается на клеммы  $+B$ ,  $-B$  через сопротивление  $R_3$ , так же как и питание экранирующей цепи сетки через сопротивление  $R_2$  подается от умформера из блока выпрямителя.

Усилитель мощности радиопередатчика собран по двухтактной схеме. Колебательный контур выходного каскада содержит индуктивность  $L_6$  и емкости  $C_{13}$ ,  $C_{14}$ ,  $C_{15}$ , ( $C_{13}$  и  $C_{14}$  — подстроечные конденсаторы). Напряжение возбуждения на управляющие сетки ламп выходного каскада подается от задающего генератора при помощи катушки  $L_3$ , связанной с контурной катушкой  $L_2$ . Конденсаторы  $C_6$  и  $C_7$  и сопротивления  $R_4$  и  $R_5$  образуют устройство для подачи автоматического смещения на управляющие сетки ламп. Манипуляция на управляющие сетки ламп усилителя мощности осуществляется при помощи манипуляционного реле  $P_1$ . При разомкнутых контактах реле на управляющие сетки ламп подается дополнительное отрицательное напряжение от сопротивления  $R_7$ , включенного в цепь отрицательного полюса умформера. При этом запираются лампы  $L_2$  и  $L_3$  и радиопередающее устройство не излучает энергию в пространство. При подаче от блока кодирования манипулирующих импульсов (к контакту  $M$ ) через катушку реле  $P_1$  протекает ток, контакты реле  $P_{1-1}$  замыкаются и шунтируют сопротивление  $R_7$ . При этом с управляющих сеток ламп  $L_2$  и  $L_3$  снимается дополнительное (запирающее) отрицательное смещение и передающее устройство излучает энергию. Питание цепи накала производится от аккумуляторной батареи. Каждый из двух радиопередатчиков имеет свою систему настройки антенно-фидерной цепи (вариометры  $L_8$  и  $L_9$  и конденсаторы  $C_{16}$  и  $C_{17}$ ).

Оптимальную связь антенно-фидерной системы с выходным каскадом радиопередатчика подбирают, вращая ротор вариометра каждого плеча фидера. После подбора ротор вариометра закрепляется стопорным винтом. Панель  $\Pi$  служит для контрольных измерений режимов в цепях радиопередатчиков. Во время эксплуатации в нее вставляется специальная восьмиштырьковая вилка.

Включение в работу того или иного радиопередатчика станции осуществляется механизмом автопуска подачей в радиопередатчик положительного потенциала напряжения накала. При подаче положительного потенциала на контакт  $+H_1$  (рис. 12.30) включается радиопередатчик дневных передач, при подаче на контакт  $+H_2$  включается радиопередатчик ночных передач. Одновременно с включением в работу того или иного радиопередатчика происходит подключение к работающему передатчику антенно-фидерной системы. Это подключение осуществляется

с помощью двух антенных реле  $P_2$  и  $P_3$ . При работе радиопередатчика дневной волны катушки реле обесточены, контакты реле нормально замкнуты, что обеспечивает подключение антенно-фидерной системы к дневному радиопередатчику. При подаче положительного потенциала напряжения накала на контакт  $+H_2$  одновременно с включением в работу радиопередатчика ночной волны подается питание на антенные реле  $P_2$  и  $P_3$ , в результате чего замыкаются нормально разомкнутые контакты, подключая антенно-фидерную систему к радиопередатчику ночной волны.

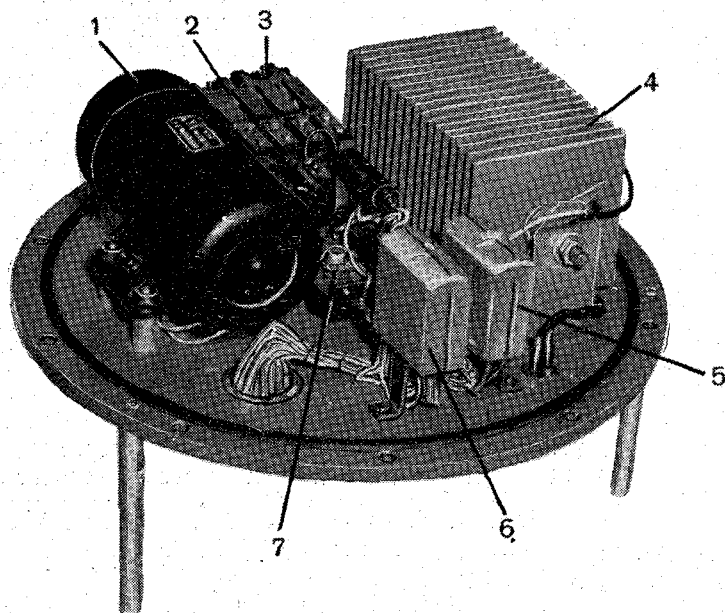


Рис. 12.31. Преобразователь.

Управление работой передатчиков (манипуляция) импульсами, поступающими от блока управления и кодирования, осуществляется при помощи реле манипуляции  $P_1$ .

Блоки электропитания. Блоки АРМС-Н питаются постоянным током 27 в (анодное питание радиопередатчиков 450 в).

Питание всех блоков обеспечивается аккумуляторной батареей, ветрогенератором и блоком выпрямителя. С батареи снимается напряжение от 24 до 31 в в зависимости от степени ее разрядки и температуры окружающей среды (для исключения изменений напряжения, вызванных влиянием температуры, имеется компенсационное устройство).

Ветрогенератор служит для подзарядки аккумулятора через блок выпрямителя (при наличии ветра со скоростью более 3,8 м/сек). Генератор дает трехфазный ток.

Блок выпрямителя предназначен для питания с помощью аккумуляторной батареи и ветрогенератора всех блоков АРМС-Н. Он обеспечивает выпрямление трехфазного тока ветрогенератора, регулирование степени зарядки и разрядки аккумулятора, преобразование постоянного напряжения 27 в, получаемого от

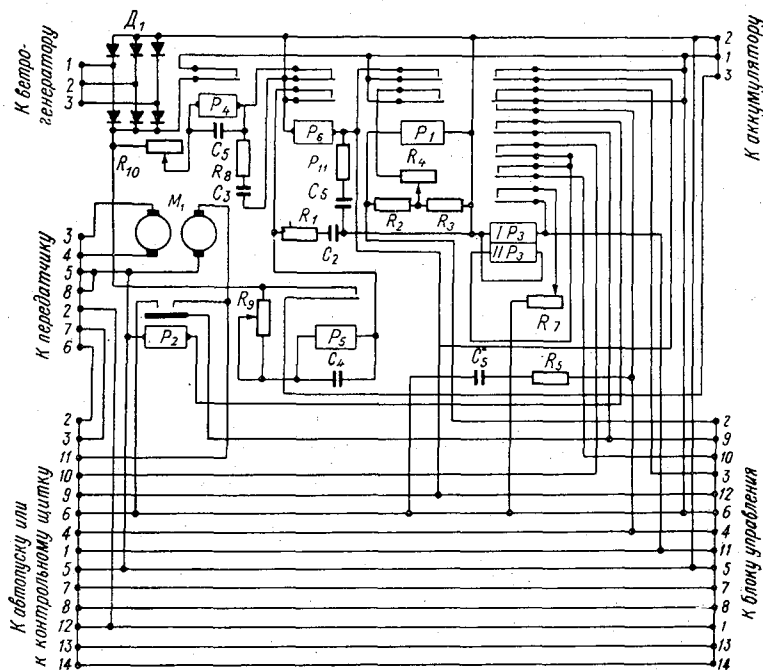


Рис. 12.32. Принципиальная электрическая схема преобразователя.

аккумулятора, в постоянное 450 в (420—460 в) для анодного питания радиопередатчиков.

Кроме того, этот блок обеспечивает отключение от аккумуляторной батареи ветрогенератора на время автоматической заправки часов включения станции, чем обеспечивается более стабильное питание станции.

Блок выпрямления (рис. 12.31) содержит смонтированные на круглой плате умформер 1, выпрямитель 4 ( $D_1$ , рис. 12.32), минимальное реле 5 ( $P_3$ ), максимальное реле 6 ( $P_1$ ) с сопротивлениями температурной компенсации изменения напряжения батареи, реле умформера 2, реле заряда (нагрузки ветрогенератора) 3, сопротивление 7. Здесь же размещены элементы (сопро-

тивления, конденсаторы) контуров искрогашения контактов. На основании укреплены штепсельные разъемы кабелей, соединяющих этот блок с другими. Блок закрывается металлическим водонепроницаемым кожухом.

В комплект станции входит ряд вспомогательных и монтажных деталей — мачты, фермы, защиты различных блоков, кронштейны и др. Одним из важных вспомогательных блоков является контрольный щиток. Он монтируется вместе со станцией и обеспечивает при установке станции и ее инспекции включение и проверку (без разборки станции) станции в целом и ее отдельных блоков. С помощью контрольного щитка можно:

- 1) включить станцию (тумблер  $ОВ_2$ ) и произвести запись или принять на слух кодовые сигналы результатов измерения (подключается регистрирующий или звуковой прибор);
- 2) включить датчик ветра, произвести набор скорости;
- 3) включить радиопередатчик.

Контрольный щиток смонтирован на панели в металлическом ящике, закрываемом крышкой с водонепроницаемым уплотнением.

К ящику прикреплены два штепсельных разъема для подключения кабелей, соединяющих его с блоком выпрямителя и автопуском.

Блоки станции соединяются по схеме, показанной на рис. 12.15.

Цикл измерения АРМС-Н начинается за 12 мин до начала передачи ею радиограммы и заканчивается через 50 сек после окончания передачи.

Измерение осадков (при их наличии) производится непрерывно. Начало цикла работы станции происходит при подаче автопуском напряжения (замыкание контактов  $I_1—I_2$ , рис. 12.28) в цепь, соединяющую датчик скорости ветра с его счетным устройством. С этого момента начинается измерение средней скорости ветра. Оно продолжается 10 мин до размыкания контактов  $I_1—I_2$ . Через 1,5 мин после этого в автопуске замыкается группа  $I_2—I_3$ , благодаря чему на мотор автопуска подается напряжение и он начинает подзаводить силовую пружину часового механизма.

Если контактная группа  $K_6$  шестичасовой оси замкнута, то мотор замыкает цепь, через которую подается первый импульс тока в блок управления и кодирования, вследствие чего с помощью реле блоков управления и кодирования и выпрямителя создаются цепи, необходимые для дальнейшей работы станции; через одну из цепей подается накал ламп радиопередатчика, в этот же момент отключается ветрогенератор.

По одной из подготовленных цепей второй импульс от автопуска поступает на ШИ управления (блок управления и кодирования). При этом он срабатывает и его ротор из исходного



положения с первой ламели статора перемещается на вторую ламель, в результате образуются цепи включения питания мультивибратора (питающего ШИ кодирования) и питания умформера. Умформер начинает вырабатывать напряжение анодного питания радиопередатчиков. Начинает работать ШИ кодирования № 1, его ротор повернется из исходного положения, дойдет до 26-й ламели и остановится, так как питание на ШИ кодирования № 1 передается через все ламели его седьмого ряда, кроме 26-й ламели. Через 26-ю ламель ШИ кодирования № 1 переключает цепь питания от мультивибратора на ШИ кодирования № 2, ротор которого начнет перемещаться от исходного положения (26-я ламель), пока не дойдет до 25-й ламели, через которую посылается импульс тока в электромагнит на ШИ кодирования № 1 ШИ кодирования сдвигается с 26-й ламели и начинает работать, пока его ротор снова не установит щетки на 26-ю ламель и переключит ШИ кодирования № 2. В такой последовательности ШИ кодирования поочередно работают в течение всего времени передачи данных.

Щетки ШИ управления перемещаются каждый раз на одну ламель, когда щетки ротора ШИ кодирования № 1 проходят через 1-ю и 14-ю ламели (шестого ряда) статора, так как при этом образуется цепь, через которую посылается импульс тока в электромагнит ШИ управления.

При работе шаговых искателей происходит снятие данных, выработанных датчиками, их кодирование и передача в эфир.

При установке щеток ротора ШИ управления на 2-ю ламель (это происходит после посылки второго импульса тока автопуском) через первый и второй ряды этого ШИ замыкается цепь питания реле манипуляции, которая управляется одновременно с этим работающим ШИ кодирования. В результате этого в цепь питания реле манипуляции будут посылаться импульсы в соответствии с кодом, заложенным при монтаже ламелей статора ШИ кодирования, а реле манипуляции через радиопередатчик будет передавать в эфир соответствующие знаки кода. В первую очередь будут переданы позывные (БАВ) знаки. Они будут повторяться, пока щетки ротора первого ряда ШИ управления будут перемещаться по ламелям статора кодовых знаков позывных. Следующая ламель статора ШИ управления включает в реле манипуляции цепь контактного поля статора ШИ кодирования, где смонтирована отличительная буква давления (Ю). При переходе на следующую ламель ротора ШИ управления подается питание на электромагнит контактной стрелки датчика давления. Стрелка прижмется к контактной шкале десятков и единиц, вследствие чего на первых четырех рядах контактных полей статоров ШИ кодирования замкнется цепь с кодовым знаком, соответствующим положению стрелки относительно шкалы, соответствующие импульсы поступят на реле манипуляции и будут

переданы в эфир. Их сочетание даст значение давления (РМС). Щетки якоря ШИ управления переместятся на следующую ламель, связанную с отличительным знаком температуры (Я), и он будет передан по радио. Затем при переходе на следующую ламель снимется отсчет (положение стрелки) по шкалам датчика температуры аналогично тому, как это было сделано при измерении давления, и по радио передается значение температуры (МЕ). При замыкании следующей ламели ШИ управления будет закодирован и передан отличительный знак скорости ветра (П), вслед за которым будут подключены шкалы счетчика скорости ветра и передано значение скорости (ДР). Затем будет передан отличительный знак направления ветра (О), далее при последующем переходе включится электромагнит датчика направления и будет передано значение направления ветра (УА). При переходе щеток ротора ШИ управления на последующие ламели будут последовательно формироваться и передаваться отличительный знак солнечного сияния (Ц), его наличия (Д), отличительный знак осадков (Б) и их количества (АС). При переходе на следующие ламели таким же образом и в такой же последовательности еще дважды передаются значения давления, температуры, скорости и направления ветра, наличия солнечного сияния и количества осадков. После этого ШИ управления включает счетчик скорости ветра на сброс, подавая питание на электромагнит ШИ счетчика через его головную контактную группу и ряд ламелей статора сброса. При этом ШИ счетчика начнет работать до тех пор, пока он не установится в исходное положение, где он разрывает цепь питания своего электромагнита. Далее ШИ управления аналогичным образом сбрасывает в исходное положение ШИ счетчика осадков, затем щетки ротора ШИ управления последовательно переходят на следующие ламели статора, вследствие чего создается цепь контроля напряжения питания. Если напряжение оказывается менее 29 в, то к батарее подключается ветрогенератор для ее зарядки. Когда щетки ротора ШИ управления оказываются на 27-й ламели, цепи его питания разрываются. На этом цикл работы станции заканчивается и она оказывается подготовленной для следующего запуска. Установка станции и ее эксплуатация производятся в соответствии с действующими инструкциями.

**Автоматический радиовеомер (АРИВ).** Радиовеомер предназначен для измерения средней скорости ветра в открытой части крупных водоемов и передачи результатов измерений по радио на расстояние до 100 км. АРИВ работает по заранее заданной программе в одном из двух режимов. В первом режиме измерения и передача данных производятся ежечасно, во втором — в зависимости от величины скорости ветра. В последнем случае при средней скорости ветра, не вызывающей затруднений

для судоходства, измерения и передача данных происходят четыре раза в сутки (каждые 6 час), а при средней скорости ветра, затрудняющей судоходство, — ежечасно.

Данные измерений передаются АРИВ по радио в виде сочетаний букв телеграфного кода (аналогично тому как это делается в АРМС-Н).

Текст радиogramмы радиовеомера имеет вид ХЩ ХЩ ХЩ ПРТ ОМС ПРТ ОМС ПРТ ПРТ ОМ ПРТ ОМС ПРТ, где ХЩ — позывные данной станции (повторяются трижды), П и О — отличительные буквы соответственно скорости и направления ветра, а РТ и МС — соответственно значения скорости и направления ветра, определяемые по кодовым таблицам в соответствии с присвоенными этим буквам числовыми значениями.

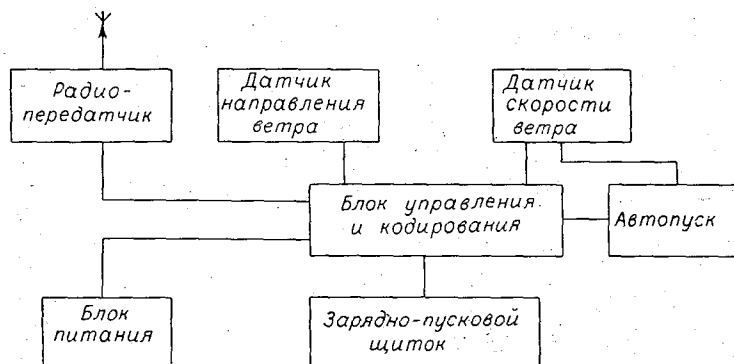


Рис. 12.33. Структурная схема АРИВ.

Значение скорости ветра передается шесть раз, а направление — четыре.

Радиовеомер обеспечивает измерение средней скорости ветра  $v$  от 2 до 40 м/сек с точностью  $\pm(1,0+0,05 v)$  м/сек и направление ветра по 16 румбам.

На рис. 12.33 приведена структурная схема АРИВ.

Он состоит из шести основных блоков (датчиков скорости и направления ветра, блока управления и кодирования, автопуска, блока автоматического пуска станции, радиопередатчика, блока питания) и вспомогательных (контрольно-пускового щитка (выносной пульт), зарядной установки, контрольного указателя направления, буя, фермы с антенной и некоторых других вспомогательных монтажных деталей).

АРИВ (рис. 12.34) смонтирован на бую 7, который устанавливается в выбранной точке водоема на якорях 8. На бую укреплен ферма 6 с антенной 3. На ферме размещены датчики скорости ветра 2 (на высоте 4 м над поверхностью воды), датчик

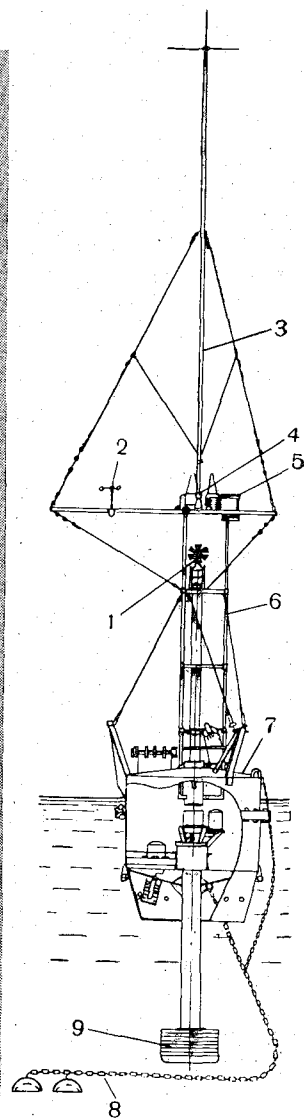
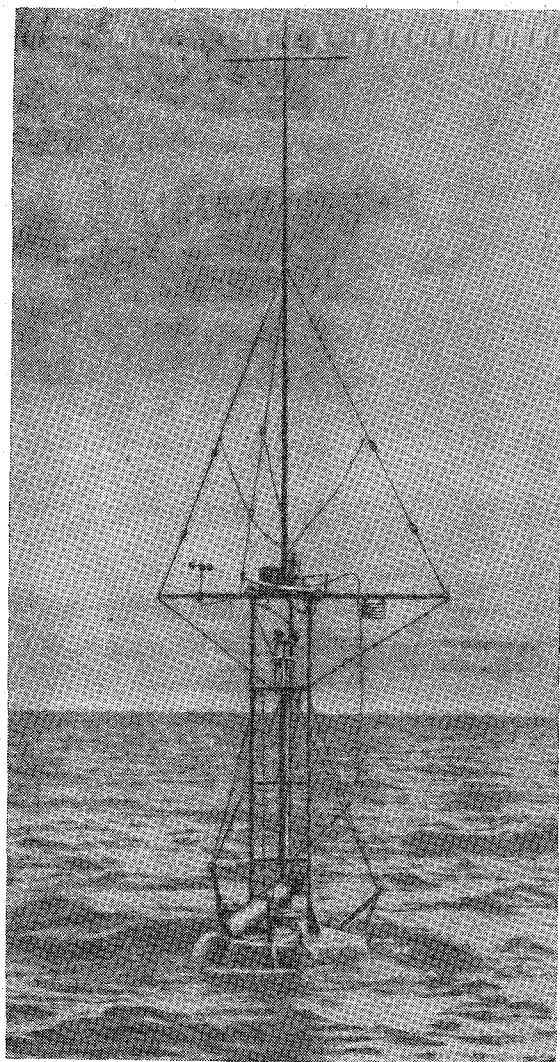


Рис. 12.34. Автоматический радиоветромер.

направления ветра 1 (на высоте 3,5 м), радиопередатчик, сигнальный фонарь и датчик температуры воздуха (если АРИВ им комплектуется). На бую крепится баллон с ацетиленом для питания фонаря. Рядом с фермой на стойке установлен контрольно-пусковой щиток. Внутри корпуса бую 7 помещается блок питания, там же может быть установлен датчик температуры воды (если им комплектуют АРИВ).

Для повышения устойчивости станции, уменьшения ее крена при волнении под бумом имеется противовес 9 — груз, укрепленный в подвесе.

Сигнальный фонарь на бую устанавливается для того, чтобы ночью и при плохой видимости проходящие суда своевременно могли увидеть радиоветромер и избежать столкновения с ним.

В АРИВ по возможности применяются унифицированные блоки с АРМС-Н. Таким блоком является датчик скорости ветра. Это такой же, как и в АРМС-Н, трехчашечный контактный анемометр с двумя поочередно замыкающимися нормально разомкнутыми контактными группами. Контактные группы замыкают цепь питания счетчика (расположенного в блоке управления и кодирования).

Счетчиком определяется число замыканий контактных пар в датчике за 10 мин, по которому определяется средняя скорость ветра за этот промежуток времени.

Датчик направления ветра (рис. 12.35) имеет чувствительный элемент типа колеса Салейрона, который механически связан вертикальной осью с преобразователем (специальной потенциометрической системой). Преобразователь обеспечивает преобразование положения колеса Салейрона относительно сторон горизонта (вернее магнитного меридиана) в напряжение незави-

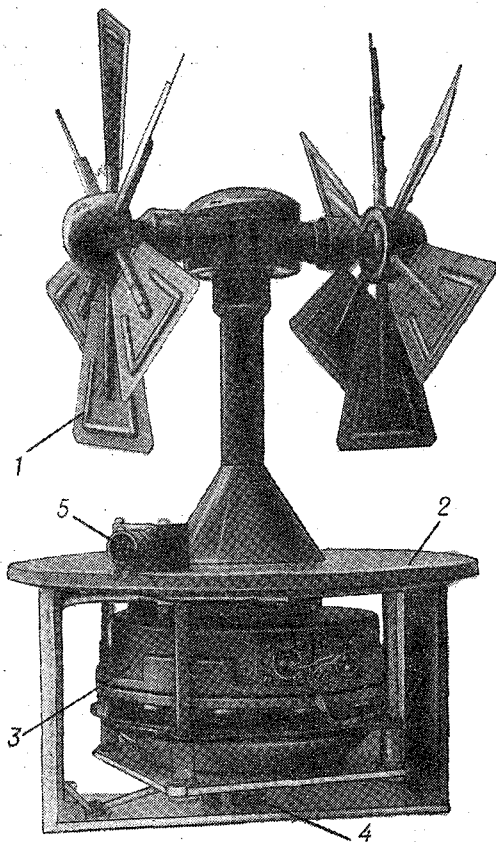


Рис. 12.35. Румбометр АРИВ.

симо от ориентации радиоветромера в целом (которая может меняться непрерывно, особенно при волнении).

Колесо Салейрона подвижной осью 2 (рис. 12.36) жестко связано с корпусом потенциометрического преобразователя 3, который вследствие этого устанавливается (ориентируется) определенным образом относительно направления ветра. Внутри корпуса 3 к его крышке прикреплен круговой потенциометр с тремя выводами, смещенными относительно друг друга на  $120^\circ$  по дуге окружности потенциометра (служащие для снятия напряжений). Потенциометр такой же, как у датчика направле-

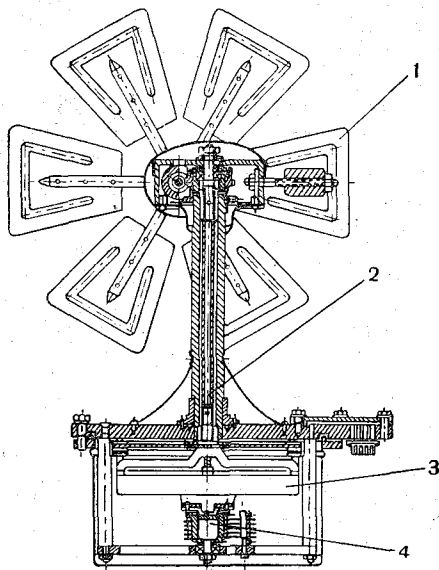


Рис. 12.36. Датчик румбометра.

ния АРМЭ, но поскольку он расположен в подвижном корпусе, то подача питания к нему (через два вывода) и съем напряжения (между тремя выводами) осуществляется с помощью пяти контактных колец и щеток 4. Под потенциометром на оси соосно с потенциометром установлена магнитная стрелка с контактными щетками, укрепленными на расстоянии от центра, равном радиусу кругового потенциометра. Магнитная стрелка, свободно поворачиваясь на своей оси, устанавливается (независимо от ориентации станции) в плоскости магнитного меридиана. Таким образом, круговой потенциометр, жестко связанный с

корпусом колеса Салейрона, ориентируется (разворачивается) относительно магнитной стрелки (магнитного меридиана) в зависимости от направления ветра. По взаиморасположению магнитной стрелки и кругового потенциометра можно определить направление ветра.

Во время съема показаний магнитная стрелка с помощью электромагнита с прижимным устройством прижимается к потенциометру своими щеточками, через которые подводится питание к двум диаметрально противоположно расположенным точкам кругового потенциометра. Точки потенциометра, к которым подводится питание, определяются только направлением ветра. Приемная часть (рис. 12.37) расположена в блоке управления и кодирования в цилиндрическом корпусе 1. Она в принципе такая же, как приемно-указывающая часть на-

правления АРМЭ, и отличается только тем, что имеет круговую контактную шкалу 2 с восемью равномерно расположенными по кругу изолированными друг от друга контактными пластинами,

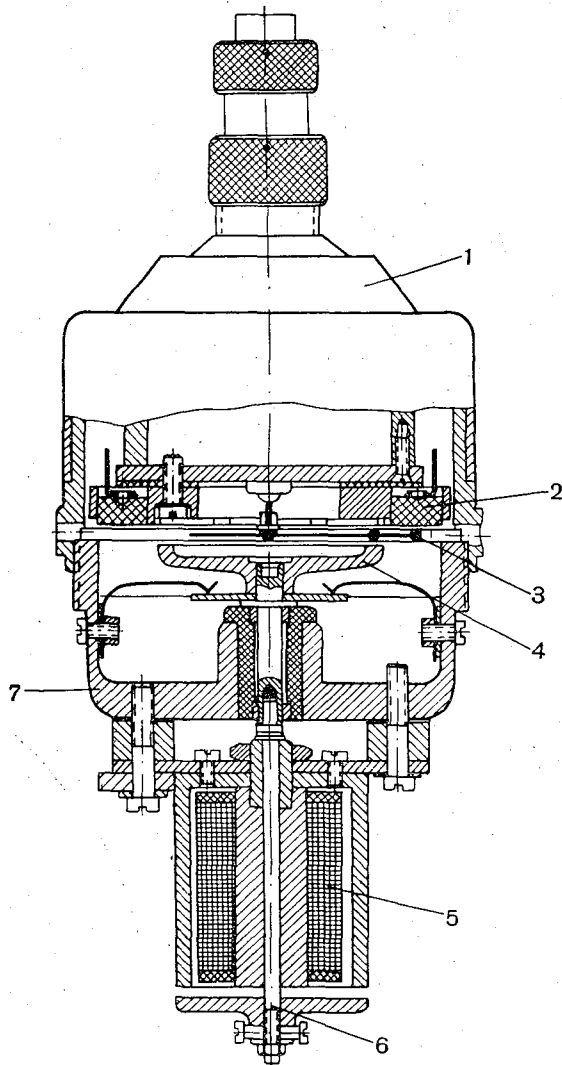


Рис. 12.37. Разрез датчика направления.

соответствующими восьми румбам. Каждая пластина связана с электрической цепью кодирующего устройства, в которую заложен определенный кодовый знак. На оси постоянного магнита приемного устройства укреплена контактная стрелка 3, которая перемещается при вращении магнита вместе с ним под контакт-

ной шкалой, не касаясь ее. Над стрелкой расположено прижимное устройство 4 (дужка), связанное с якорем 6 электромагнита 5. При съеме показаний подается питание на электромагнит датчика, в результате чего контакты магнитной стрелки датчика прижимаются к потенциометру и запитывают его. Напряжение от потенциометра поступает на указывающую часть, и ее магнит со стрелкой устанавливается в соответствии с взаимным расположением магнитной стрелки и кругового потенциометра дат-

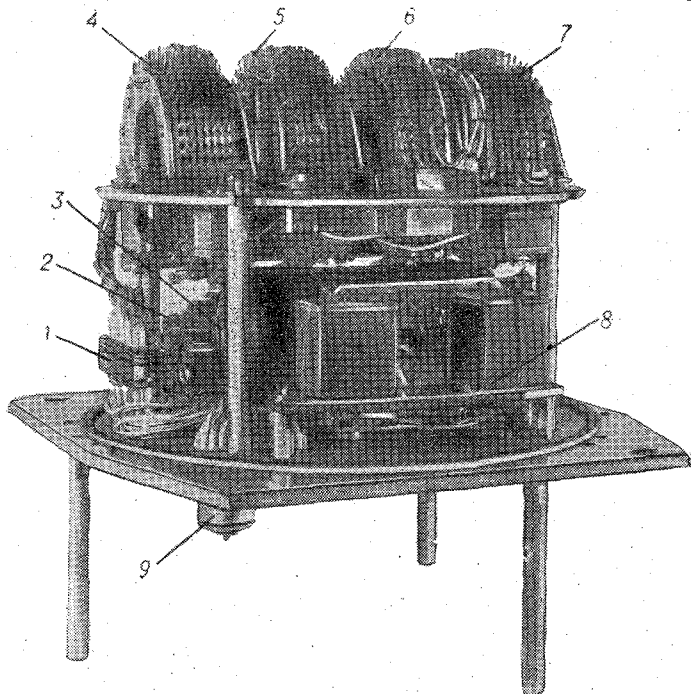


Рис. 12.38. Блок управления и кодирования АРИВ.

чика (указывая направление ветра). Затем включается электромагнит указателя, контактная стрелка прижимается к контактной шкале, контактирует с одной контактной пластиной или сразу с двумя, подготавливая электрическую цепь для передачи кодового знака, соответствующего направлению ветра в момент измерения.

Блок управления и кодирования в принципе также не отличается от этого блока АРМС-Н и выполняет те же функции. Он комплектуется в соответствии с числом датчиков. Когда АРИВ является только радиовеетромером, блок управления и кодирования (рис. 12.38) содержит четыре шаговых искателя (два ШИ кодирования 4 и 7, один ШИ управления 6, один ШИ, являющийся счетчиком для измерения скорости ветра 5), мультивибра-



тор 8, вырабатывающий импульсы тока для питания электромагнитов ШИ кодирования, приемную часть блока направления ветра 2, умформер для питания анодной цепи радиопередатчика, а также конденсаторы и сопротивления контуров искрогашения контактов цепи. Шаговые искатели кодирования подключаются через разъемные контактные колодки 1, что позволяет быстро производить их замену. Все узлы смонтированы между платами, прикрепленными стойками к основанию. На основании укреплены штепсельные разъемы 9 для подключения блока в общую систему станции. Блок закрывается крышкой, плотно прижимающейся через резиновую прокладку к основанию, чем обеспечивается герметизация узла. Автопуск такой же, как и у АРМС-Н, и выполняет те же функции. В автопуске АРИВ несколько изменена электрическая схема — изъяты (закорочены) два контакта для обеспечения автоматического измерения (набора и сброса) средней скорости ветра при ежечасных измерениях. Переход к ежечасным измерениям происходит при достижении скорости ветра более 5 м/сек. При наборе скорости щетки ротора ШИ счетчика скорости перемещаются за 10 мин от начального положения более чем на восемь ламелей и замыкают цепь включения станции независимо от «команды» автопуска (при этом блокируются контакты автопуска, включающие станцию через каждые 6 час).

Радиопередатчик (рис. 12.39) монтируется на плате на круглом основании корпуса и герметически закрывается кожухом, прижимаемым к уплотнительному кольцу основания. Он собран на одной лампе  $L_1$ , играющей роль генераторной и усилительной. Высокая частота стабилизирована кварцем  $Kв$ . Передатчик может быть настроен на работу на частотах в диапазоне 2,5—5,0 Мгц. Настройка антенны на максимальную отдачу на заданной частоте производится вариометром антенны. Питание цепи накала лампы радиопередатчика (напряжение 12 в) осуществляется от аккумуляторов, а питание анодной цепи — от умформера. Блок питания состоит из батареи аккумуляторов (параллельно и последовательно соединенных 44 аккумуляторных банок НКН-10). Питание станций осуществляется поочередно от двух ее половин.

Выносной пульт (контрольно-зарядно-пусковой щиток) АРИВ дает возможность проверить работу отдельных блоков и узлов без их отключения и без разборки радиовеетромера, а также проверить работу станции в целом, сверив при этом ее показания с контрольной аппаратурой. Он постоянно включен в схему станции и является ее составной частью. С выносного пульта можно включить цепи подзавода часов, запуска станции, а также подключить ондулятор (или звуковой аппарат) для записи (или прослушивания) сигналов, подаваемых в радиопередатчик для радиogramм, и подключить аккумуляторы для зарядки.

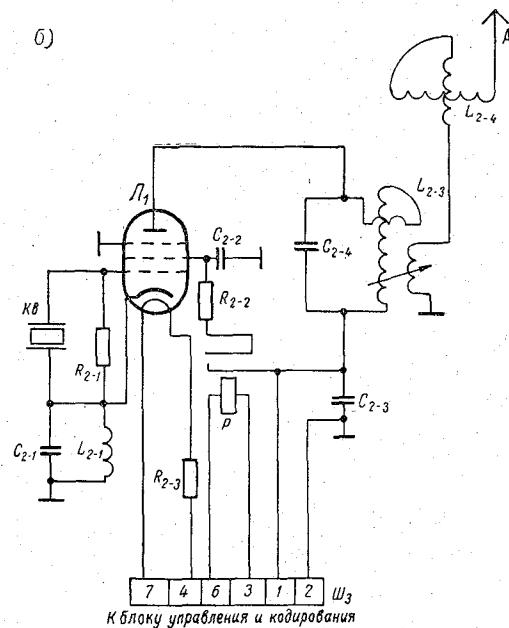
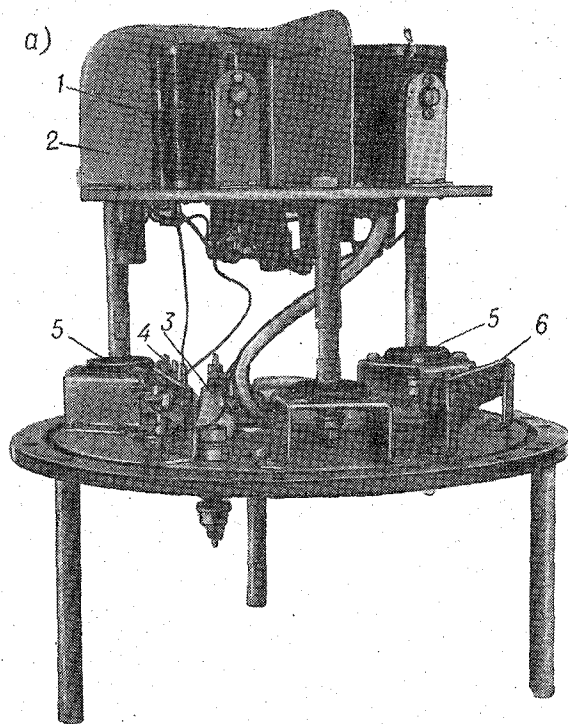


Рис. 12.39. Радиопередатчик АРИВ.

*a* — внешний вид со снятым кожухом, *б* — электрическая схема.

1 — анодный контур, 2 — экран, 3 — антенный изолятор, 4 — измерительная панель, 5 — амортизаторы, 6 — панель подводки питания.

На панели щитка имеются штепсельные разъемы с обозначениями, соответствующими назначению подключенных к ним цепей («Заряд», «Контроль», «Контроль направления», «Контроль блока управления»).

Выносной пульт помещен в корпусе с герметически закрывающейся крышкой. Он устанавливается на стойке (трубе), приваренной к бую, и с помощью двух кабелей через блок управления и кодирования подключен ко всем блокам станции.

При автоматической работе АРИВ пульт никаких функций не выполняет.

При необходимости АРИВ может комплектоваться и другими блоками датчиков. Так, например, разработан блок датчиков температуры и влажности воздуха и блок датчика температуры воды. Они построены на базе блока датчиков температуры воздуха и давления атмосферы АРМС-Н.

Эксплуатация АРИВ ведется в соответствии с имеющейся инструкцией с учетом условий места его установки.

**Автоматический радиоосадкомер АРО (М-4).** Автоматический радиоосадкомер предназначен для автоматического измерения количества выпавших жидких осадков и передачи результатов измерений по радио.

АРО рекомендуется устанавливать в высокогорных и других малообитаемых труднодоступных местностях, для которых количество выпавших осадков имеет большое значение, например, выпадение большого количества осадков может вызвать стихийные бедствия в прилегающих населенных районах (сели). АРО обеспечивает измерение количества осадков, выпадающих с интенсивностью не более  $3 \text{ мм/мин}$  с точностью  $\pm (1 + 0,04 q) \text{ мм}$ , где  $q$  — количество выпавших осадков. Им может быть измерено любое количество осадков. Передачи данных измерений производятся после выпадения каждые  $2 \text{ мм}$  осадков. АРО обеспечивает передачу данных на расстояние до  $50 \text{ км}$ . Данные передаются буквенным телеграфным кодом. Значения выпавших осадков (с момента установки станции) передаются тремя буквами до значения  $312 \text{ мм}$  осадков, затем счет повторяется.

Радиоосадкомер состоит из основного блока, блока питания, радиомачт с антеннами и подставки. В основном блоке (рис. 12.40) сосредоточены механизм датчика осадкомера со счетчиком, кодирующим устройством и радиопередатчиком. Блок питания состоит из батарей. Он обеспечивает питание механизма датчика током напряжением  $30 \text{ в}$  и питание радиопередатчика — цепей накала током напряжением  $4,5 \text{ в}$  и анодной цепи —  $480 \text{ в}$ .

Основной блок закрыт внешним кожухом, крепящимся к основанию и устанавливается на подставке высотой  $130 \text{ см}$ . Верхняя часть кожуха открытая, она служит приемником осадков; площадь приемного отверстия равна  $500 \text{ см}^2$ .

Осадки из приемного сосуда через выходное отверстие попа-

дают в воронку 1 (рис. 12.41) и через нее на чувствительный элемент осадкомера — мерный качающийся двухкамерный сосуд (челнок) 2.

Воронка и мерный сосуд (челнок) смонтированы на крышке внутреннего кожуха 3. Этот кожух герметично закрывает счетное и кодирующее устройство и радиопередатчик (рис. 12.42). Принцип действия челнока был уже описан ранее (см. АРС). Челнок опрокидывается при заполнении одной из его камер

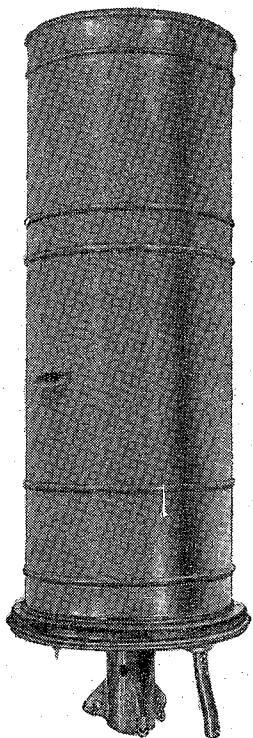


Рис. 12.40. Радио-осадкомер.

50 см<sup>3</sup> воды, которая выливается по специальным желобкам, проходящим через отверстия наружного кожуха. Осадки в количестве 50 см<sup>3</sup> соответствуют слою осадков 0,1 мм. К челноку прикреплен постоянный магнит. При перемещении челнока из одного крайнего положения в другое в определенной точке этот магнит воздействует на другой постоянный магнит, который, перемещаясь, замыкает на короткое время контактную группу.

При кратковременном замыкании контакта  $K_n$  замыкается цепь питания счетного устройства (рис. 12.43). Счетное устройство состоит из двух шаговых искателей  $ШИ_1$  и  $ШИ_2$ . При каждом замыкании контакта через промежуточное реле  $P_1$  подается импульс тока на ротор шагового искателя  $ШИ_1$ , и он перемещает щетки на одну ламель (что соответствует 1 мм осадков), при полном обороте ротора  $ШИ_1$ , что соответствует 52 мм осадков (когда щетки находятся на 26-й ламели), замыкается цепь  $ШИ_2$  и его ротор поворачивает щетки на одну ламель (что соответствует 52 мм).

$ШИ_3$  вместе с реле импульсов  $P_2$  играет роль кодирующего устройства; он преобразует положение роторов  $ШИ_1$  и  $ШИ_2$  (т. е. количество выпавших осадков) в буквенный код азбуки Морзе. Каждое значение количества осадков передается сочетанием из трех букв (единицы, десятки, сотни миллиметров).

Управляется АРО шаговым искателем  $ШИ_4$ , который включается после каждого второго срабатывания  $ШИ_1$  (после выпадения каждых 2 мм осадков), так как каждая вторая ламель  $ШИ_1$  включает питание в цепь электромагнита ротора  $ШИ_4$  и он смещает щетки на одну ламель. При этом включаются цепи питания передатчика и реле импульсов, от которого с частотой 12—14 гц подаются импульсы тока на электромагнит якоря  $ШИ_3$ .

и он начинает перемещаться по ламелям с соответствующей скоростью (12—14 ламелей в секунду), делая один оборот после каждого перемещения ротора  $ШИ_4$  на одну ламель. При этом передается радиогамма, содержащая позывные (две буквы) и значение количества выпавших осадков (три буквы). Каждый цикл работы АРО, который происходит после выпадения очередных 2 мм осадков, продолжается 40 сек и заканчивается

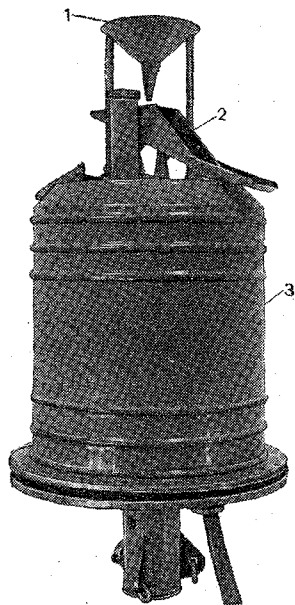


Рис. 12.41. Радиоосадкомер со снятым внешним кожухом.

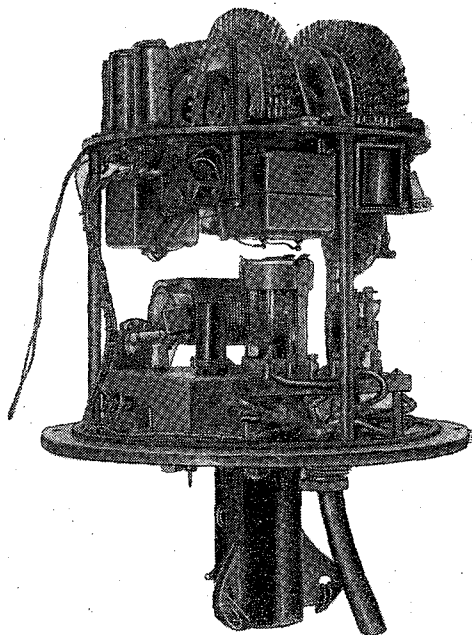


Рис. 12.42. Кодировущее и радиопередающее устройство радиоосадкомера.

выключением цепей питания радиопередатчика и кодировущего  $ШИ_3$  (что осуществляется при попадании щеток ротора  $ШИ_1$  на 9, 18 и 26-ю ламели). Все шаговые искатели и реле смонтированы на верхней плате (рис. 12.42), крепящейся к основанию стойками.

Радиопередатчик (рис. 12.44) собран на одной лампе  $Л_1$ , используемой одновременно в качестве генераторной и усилительной. Включение радиопередатчика осуществляется через реле  $P_2$  (на обмотку которого питание поступает через  $ШИ_4$ ). Реле  $P_2$  замыкает цепи питания (накальное и анодное) радиопередатчика, который не более чем через 4 сек после включения накала лампы готов к работе. Радиопередатчик соединяется с антенной, укрепляемой на 12-метровой мачте.

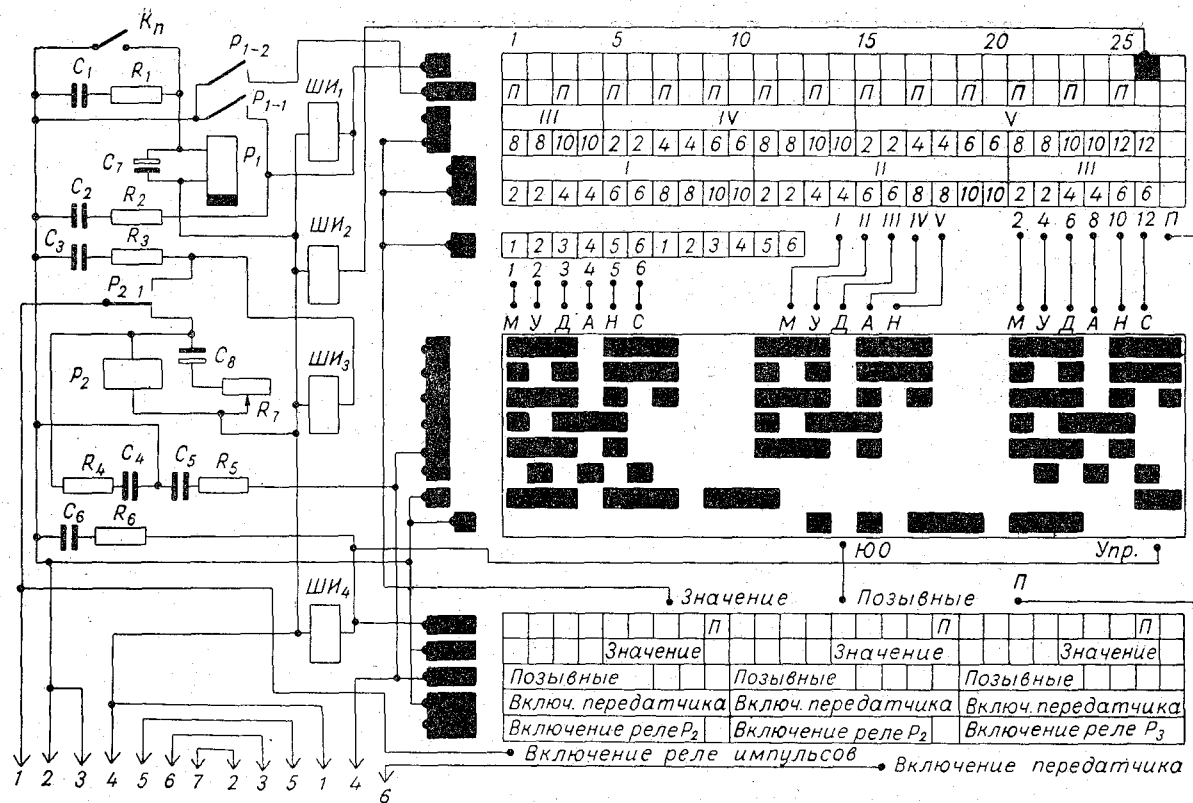


Рис. 12.43. Принципиальная электрическая схема АРО.

Для контроля за исправностью АРО при отсутствии осадков предусмотрено контрольно-пусковое устройство (КПУ). КПУ приводится в действие только в ясные дни, когда наличие осадков наименее вероятно, при наличии солнечного сияния при определенном положении солнца. Оно состоит из цилиндрического корпуса, линзы, диафрагм и контрольных биметаллических пластин. КПУ крепится вместе с наружным кожухом и ориентируется линзой на определенный участок небосвода. При прохождении солнца через этот участок небосвода солнечные лучи с помощью линзы направляются через щель диафрагмы на одну

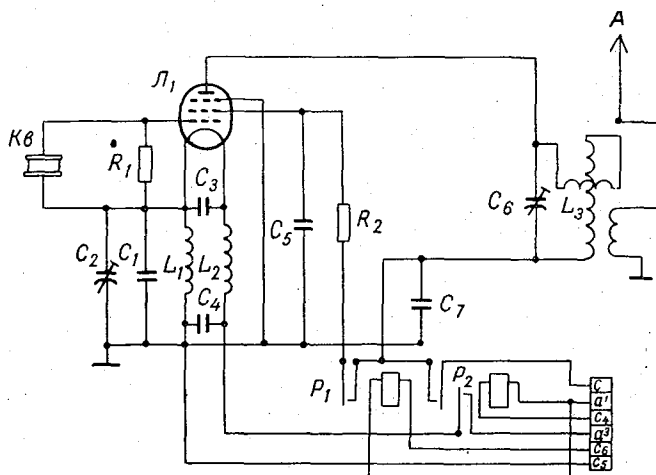


Рис. 12.44. Принципиальная схема радиопередатчика.

из биметаллических контактных пластин. Пластина нагревается, деформируется и замыкает контакт.

При замыкании пластин АРО включается и передает в эфир свои позывные о количестве ранее выпавших осадков. Щель диафрагмы имеет такую ширину, что лучи солнца попадают в контактную пластинку в течение 1—1,5 мин, нагревая ее и подерживая в замкнутом состоянии. За это время текст, состоящий из позывных сигналов и данных о количестве осадков, передается 2—3 раза.

Прием сигналов АРО производится с помощью радиоприемников на слух (или регистрируется с помощью телеграфного аппарата). Для расшифровки сигналов применяются кодовые таблицы. С помощью АРО может быть также оценена интенсивность выпадения осадков. Для этого следует по секундомеру определить время между двумя циклами (т. е. время, за которое выпадает 2 мм осадков), а затем достаточно разделить 2 мм на это время (в минутах). К АРО приложена таблица, которая позво-

ляет по времени между двумя приемами определить интенсивность осадков. Очевидно, что при этом получается средняя интенсивность выпадения осадков за время между двумя радиопередачами.

**Дрейфующая автоматическая радиометеорологическая станция (ДАРМС).** ДАРМС предназначается для установки на дрейфующих льдах с целью получения метеорологических данных и данных о дрейфе льда. Основой этой станции является радиовеха Ю. К. Алексеева. Это специальная радиостанция, автоматически работающая по заранее заданной программе. Радиовеха предназначена для установки во льдах Арктического бассейна. Во время сеансов ее работы она пеленгуется береговыми радиопеленгаторами, что позволяет определять направление и скорость перемещения льдов (на которых установлена веха).

Ю. К. Алексеев разработал применительно к радиовехе дополнительный блок с комплексом аппаратуры, обеспечивающим автоматическое измерение, кодирование и передачу через радиопередатчик вехи значений температуры воздуха, давления атмосферы, скорости и направления ветра, превратив, таким образом, радиовеху в автоматическую радиометеорологическую станцию.

ДАРМС — одна из наиболее простых по устройству и хорошо конструктивно оформленных автоматических радиометеорологических станций. Она содержит всего три небольших по объему основных блока: блок метеорологических приборов, блок питания с управляющим часовым механизмом и радиопередатчик.

Станция может автоматически работать без надзора по заранее заданной программе в течение шести месяцев. В комплект станции может входить радиоприемно-вызывное устройство; в этом случае станция может включаться и давать сведения по радио по запросу.

ДАРМС монтируется на опорной штанге 2 (рис. 12.45), изготовленной из трубы. Штанга крепится в вертикальном положении на льду с помощью раздвижных опор и анкеров. На опорном изоляторе штанги устанавливается 12-метровая радиомачта с антенной 5. Радиомачта удерживается в вертикальном положении растяжками (тросами). К верхней (надледной) части штанги крепится радиопередатчик 3 и кронштейн с блоком метеорологических приборов 4 (на высоте 2,2 м). К нижней подледной части штанги крепится контейнер 1, в котором размещается блок питания (батареи сухих элементов) и часовой механизм с управляющим устройством.

В блоке метеорологических приборов сосредоточены метеорологические датчики и кодирующее устройство (рис. 12.46, 12.47). Этот блок может быть также укомплектован кренометром. Он предназначается для включения в передачу радиопрограммы сигнала неисправности в случае отклонения штанги от



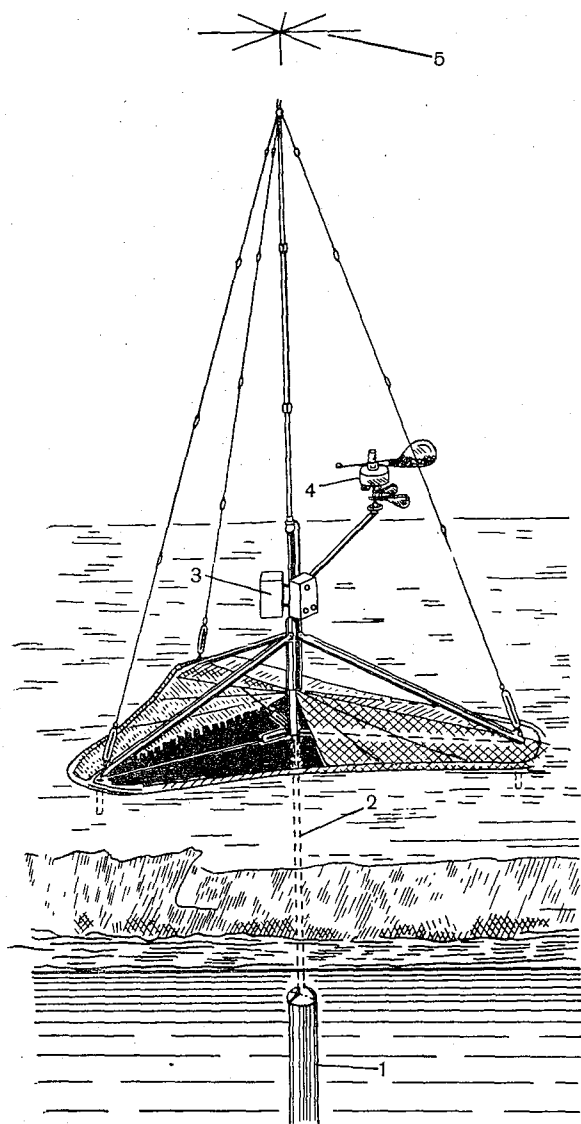


Рис. 12.45. Установка ДАРМС (схема).

вертикального положения, которое может быть вызвано торошением или таянием льда.

Блок метеорологических приборов собран на нескольких круглых платах, соединенных между собой стойками, и герметически закрыт цилиндрическим кожухом. Весь блок может вращаться вокруг трубчатой оси 1, неподвижно прикрепленной к кронштейну. В верхней части кожуха укреплена флюгарка 7, и поэтому блок всегда ориентируется определенным образом по направлению ветра. Питание блока и съем его показаний производятся через контактную систему из пяти неподвижных контактных колец, укрепленных на верхней части оси, и подвижных щеток, связанных с корпусом блока.

Подключение блока к общей электрической схеме ДАРМС осуществляется через штепсельный разъем, прикрепленный к нижней части оси и соединенный пятью проводами (проложенными внутри оси) с контактными кольцами.

Чувствительным элементом датчика температуры является биметаллическая пластинка, датчика давления — блок мембранных коробок 9, датчика направления ветра — флюгарка 7 и скорости ветра — система из двух флюгарок 2, расположенных вертикально под углом  $90^\circ$  друг к другу. Преобразователи всех датчиков состоят из системы рычагов, превращающих перемещения

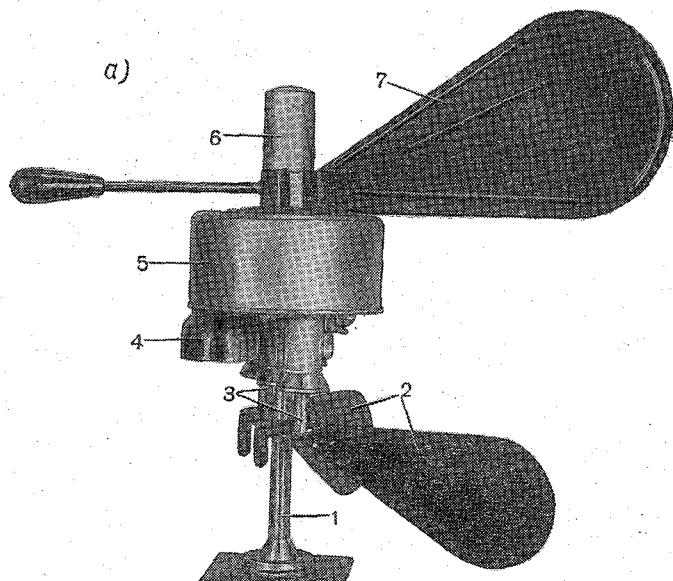
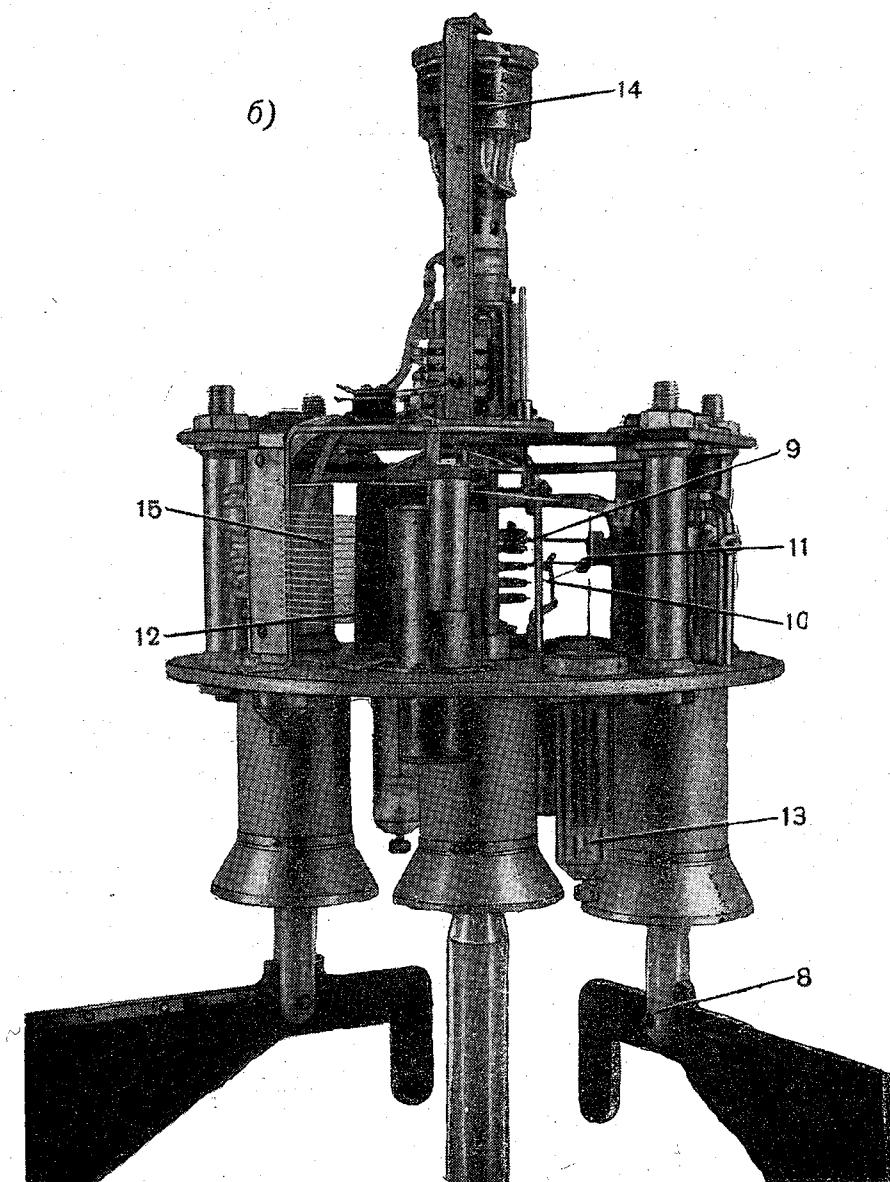


Рис. 12.46. Блок метеорологический  
а — внешний вид.



гических приборов ДАРМС.

б — со снятым кожухом.

(деформацию) биметаллической пластинки, барокоробок и вертикальных пластин датчика ветра в достаточно большие угловые перемещения контактных перьев. Флюгарка непосредственно задает углы направления ветра, которые измеряются относительно магнитного меридиана (подобно тому как это делается в АРИВ); далее это будет описано подробнее. В качестве датчиков температуры и давления применяются узлы, заимствованные из термографа и барографа, и поэтому они более детального описания не требуют. Биметаллическая пластинка располагается в передней части под основанием блока (где обдувается ветром). Пластинка защищается от прямых солнечных лучей цилиндрическими экранами 4. Датчик ветра ДАРМС представляет собой две пластины, прикрепленные к двум вертикальным осям 8 и уравновешенные грузами-противовесами. Эта система подобна двум однолопастным флюгаркам. С помощью торсионных пружин, вставленных внутри трубчатых осей, а также ограничителей пластины устанавливаются симметрично относительно средней линии, совпадающей с направлением верхнего флюгера 7 (датчика направления). Под воздействием ветра пластины стремятся установиться по направлению ветра, поворачиваясь навстречу друг другу. При этом поворачиваются их вертикальные оси 8 и закручиваются торсионные пружины. Вертикальные оси через систему рычагов и пружин связаны с контактной стрелкой 10. Угол разворота пластин от их начального положения тем больше, чем больше скорость ветра. Соответственно растет и угол поворота контактной стрелки. Зависимость угла поворота стрелки от скорости ветра устанавливается при градуировке прибора.

Датчик направления содержит специальную компасную коробку 14. Она изготовлена из органического стекла и внутри нее по окружности впрессованы 16 контактных штырей (через каждые  $22,5^\circ$ ), играющих роль контактной шкалы. Каждый из штырей электрически связан с одной из 16 контактных стрелок. Внутри компасной коробки находится магнитная стрелка, состоящая из двух намагниченных горизонтально расположенных цилиндрических стерженьков, скрепленных с находящейся между ними контактной пластиной. В центре магнитной стрелки расположен венец с агатовым подшипником, которым она опирается на подпружиненный керн. Верхняя часть венца стрелки имеет 16 радиальных равномерно расположенных по окружности канавок клинообразной формы. Эти канавки обеспечивают точную установку контактной пластины магнитной стрелки на контактные штыри, подводя ее к ближайшему штырю при прижиге стрелки к контактной шкале. Прижиг стрелки осуществляется прижимным устройством, имеющимся над магнитной стрелкой. Оно состоит из диска, вертикально перемещающегося вместе со своим штоком, проходящим через направляющее отверстие в крышке компасной коробки. Перемещение диска вниз произво-

дится с помощью Г-образного рычага, одним своим плечом связанного со штоком, а вторым (через ролик) — с управляющим кулачком, к которому он прижимается пружиной. Компасная коробка заливается незамерзающей жидкостью. Магнитная стрелка плавает в этой жидкости, опираясь на керн, и поэтому всегда точно ориентируется по магнитному меридиану, несмотря

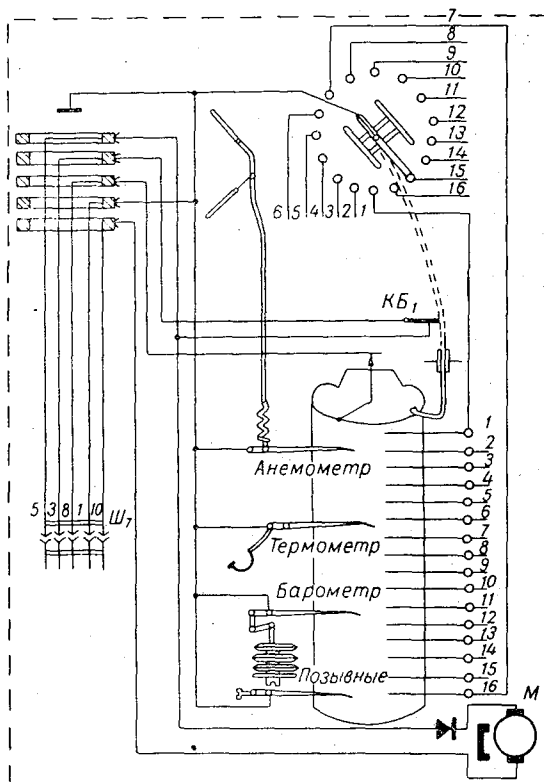


Рис. 12.47. Схема блока датчиков.

на то что компасная коробка вместе со всем блоком разворачивается флюгером при каждом изменении направления ветра. При прижмие стрелки к контактному полю она опускается вместе с опорным керном (при этом пружина керна сжимается). При опускании прижимного устройства пружина керна поднимает его вместе со стрелкой в исходное положение.

Контактные перья температуры, давления и скорости ветра связаны с демпферами 13. Демпферы состоят из неподвижно закрепленных заполненных вязкой незамерзающей жидкостью цилиндрических стаканчиков, внутри которых помещены легкие

диски. Диски с помощью штоков 11 шарнирно связаны со стрелками. Демпфер датчика скорости ветра сделан более инерционным (диск более толстый и зазор между ними и стенками стаканчика мал). Он не дает контактной стрелке реагировать на кратковременные порывы скорости ветра, воспринимаемые датчиком. В датчиках температуры и давления демпферы предназначены для исключения вибрации стрелок при возникновении вибрации всего блока при больших скоростях ветра.

Кодовый механизм состоит из кодового барабана 12 и мотора, который при работе станции вращает барабан (через редуктор).

Кодовый барабан состоит из двух круглых дисков из изоляционного материала, соединенных между собой двумя стойками. Между дисками закреплена кодовая пластина, имеющая форму части образующей поверхности цилиндра (с дугой 90°) радиусом, несколько меньшим, чем у дисков.

Кодовая пластина металлическая, на ее внешней поверхности перпендикулярно образующей (параллельно дискам) нанесены сто клинообразных канавок (с шагом 0,75 мм). Вся кодовая пластина покрыта изоляционным лаком, только в канавках имеются чистые участки металла (без лака) в виде знаков азбуки Морзе (точка, тире), составляющих в каждой канавке определенные буквы. На оси кодового барабана укреплен кулачок, замыкающий при вращении кодового барабана контакт, блокирующий подачу питания на мотор. Этим обеспечивается остановка барабана только в определенном исходном положении. На верхней плате укреплен кулачок, управляющий рычагом прижимного устройства компасной коробки узла направления ветра, которое срабатывает при съеме показаний датчика направления. При вращении барабана кончики перьев датчиков давления, температуры и скорости ветра попадают в ту или иную канавку в зависимости от значения этих элементов и в цепь посылается соответствующее сочетание знаков азбуки Морзе.

Перья направления ветра 15 фиксированы; каждое из них всегда контактирует с одной и той же канавкой и кодовый знак передается в зависимости от того, на какое перо подается напряжение в соответствии с направлением ветра.

Перо позывных фиксируется на одной из канавок в зависимости от присваиваемых станции позывных. И, наконец, перо, связанное с кренометром (если он установлен), в случае наклona штанги замыкает аварийную цепь, в результате чего при очередном сеансе получают сигналы о неисправности станции. Кончики перьев давления, температуры и скорости ветра касаются кодовой пластины только при съеме показаний датчиков, когда барабан вращается. Между сеансами работы станции, когда барабан находится в исходном положении, эти перья свободны (не касаются пластины) и могут устанавливаться

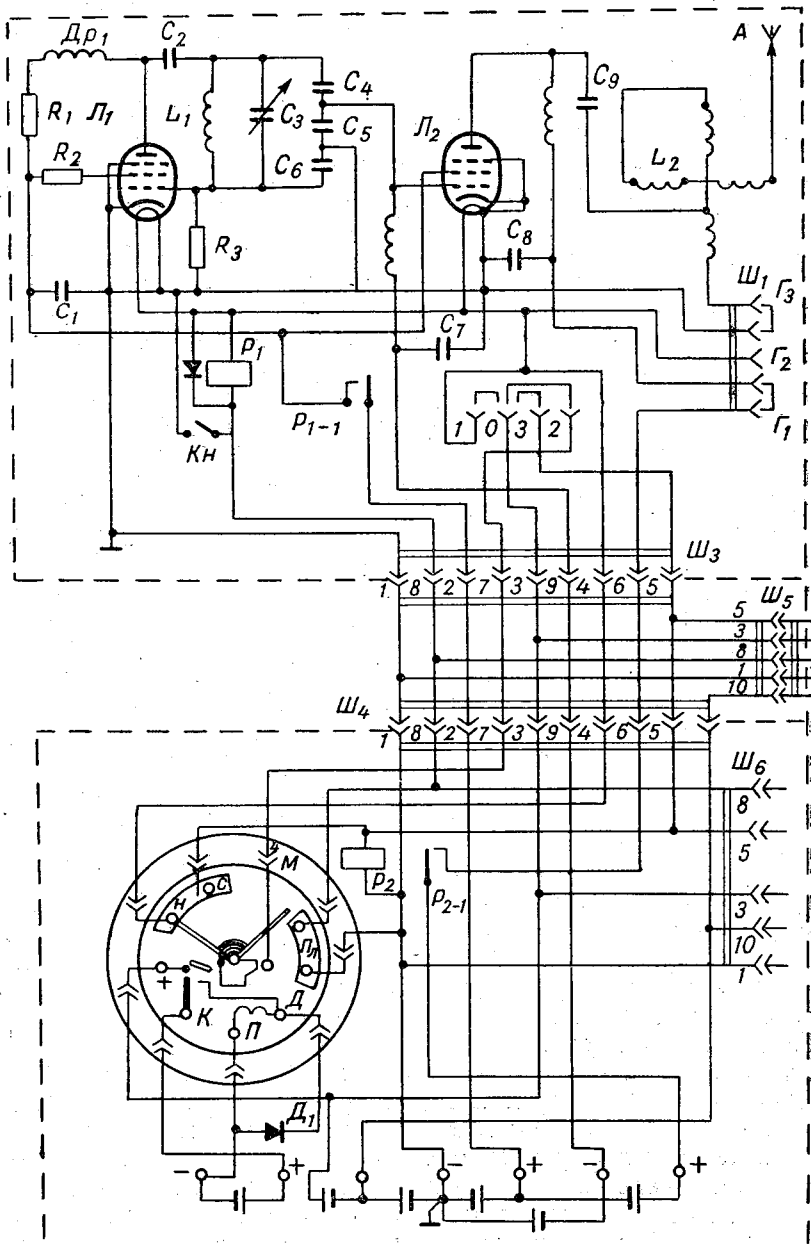


Рис. 12.48. Схема радиопередатчика и блока управления ДАРМС.

в соответствии с показаниями датчиков. Кончики перьев смещены относительно друг друга так, что они контактируют с кодовой пластиной при вращении барабана в определенной последовательности (позывной, давление, скорость ветра, направление ветра, температура).

Радиопередатчик ДАРМС (рис. 12.49) выполнен по двухкаскадной схеме. Задающий каскад собран на лампе ( $L_1$ ), а усилитель мощности на лампе  $L_2$ . Передатчик работает незатухающими колебаниями типа  $A_1$  на фиксированной частоте в диапазоне 551—584 кГц. Колебательный контур задающего каскада состоит из индуктивности  $L_1$  и емкостей  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$  и  $C_3$ . Конденсатор  $C_3$  является подстроечным (задает нужную частоту).

Емкость  $C_6$  используется также для получения положительной обратной связи и служит в качестве емкости цепи автоматического смещения управляющей сетки лампы  $L_1$ . Конденсатор  $C_2$  разделительный и служит для высокочастотной связи колебательного контура с одной цепью лампы  $L_1$ . Напряжение на анод  $L_1$  подается от батареи 250 в через сопротивление  $R_1$ , а на экранную сетку — через  $R_2$ ;  $C_1$  — блокировочная емкость (развязывает цепь анодного питания на землю). Возбуждение усилителя мощности производится напряжением, снимаемым с емкостного делителя напряжения  $C_4$ — $C_5$ . На экранную сетку  $L_2$  питание подается непосредственно от батареи 250 в (без гашения). Питание анодной цепи лампы  $L_2$  осуществляется через дроссель  $Dr_3$ . Переменная составляющая с анода лампы  $L_2$  через разделительный конденсатор  $C_9$  поступает на выходной контур  $L_1$  и на антенну (которая служит емкостью контура). Емкость  $L_2$  выполнена в виде вариометра и позволяет настроить каскад усиления мощности в заданном диапазоне. Манипуляция осуществляется с помощью реле  $P_1$  одновременно в задающем и усилительном каскадах подачи напряжения на анод и экранную сетку  $L_1$  и на экранную сетку  $L_2$  (это выполняется при подаче питания на реле  $P_1$ , при этом замыкается его нормально разомкнутый контакт  $P_{1-1}$ ). На внешней цепи выведены гнезда 1; 0; 3; 2. При замыкании трехштырьковой вилкой гнезд 1; 0; 3 осуществляется принудительный пуск станции без команды от часового механизма, а при замыкании двухштырьковой вилкой гнезд 0 и 2 станция переводится на ежечасный режим работы. Там же имеется кнопка  $K_n$  для производства искусственной манипуляции (подачи напряжения на анод и экран  $L_1$  и экран  $L_2$ ).

Радиопередатчик герметически закрывается кожухом. Он подключается к другим блокам станции штепсельным разъемом  $Ш_3$  и крепится к фланцу патрубка штанги. К антенне передатчик подключают через клемму на плате. В кожухе имеются три отверстия, через которые производится настройка передатчика на месте; после настройки отверстия герметически закрываются пробками.



Питание передатчика осуществляется от блока питания (напряжением 12, 45, 250 и 1200 в). Он обеспечивает дальность передачи при приеме на слух до 1000 км.

Блок питания состоит из нескольких батарей, собранных из сухих элементов, и предназначен для питания накальных и анодных цепей радиопередатчика, питания электромотора, электромагнита подзавода часов и питания управляющих и измерительных цепей станции. В этом же блоке расположен часовой механизм, управляющий через систему контактов работой ДАРМС. Основной его частью являются автомобильные часы с автоматическим подзаводом. Включение станции происходит раз в сутки.

Полный цикл работы станции легче всего проследить, пользуясь схемами (рис. 12.47 и 12.48). После установки станции на реле подзаводки часового механизма всегда подано питание (контакты  $Л$  и  $К$ ), поэтому часы регулярно автоматически подзаводятся и ходят с достаточной точностью, управляя работой станции и включая питание в заданное время во все ее цепи. Включение питания цепи производится подключением положительного полюса батарей (подачей полюса). Отрицательные полюса батарей включены в цепи постоянно через землю (и непосредственно в цепь). Когда часовая стрелка раз в сутки подает на минутную стрелку  $+12$  в, минутная стрелка при соприкосновении с контактом  $H$  включает через штыри 4 разъемов  $Ш_4$  и  $Ш_3$  питание в цепи накала ламп радиопередатчика. Через 40 сек после этого минутная стрелка подходит к контакту  $C$  и включает также питание ( $+12$  в) на обмотку реле  $P_2$  и электродвигатель  $M$  (через штыри 5 разъемов  $Ш_3$ ,  $Ш_4$ ,  $Ш_5$  и  $Ш_7$ ).

Реле  $P_2$  замыкает нормально разомкнутый контакт и через штыри 6 разъемов  $Ш_4$  и  $Ш_3$  и замкнутые вилкой гнезда  $Г_1$  подает анодное питание (1200 в) на лампу  $Л_2$ .

Мотор через редуктор вращает кодовый барабан. При этом цепь питания мотора блокируется замыканием с помощью кулачка контактной группы  $КБ_1$ . Блокировка происходит в определенном угле оборота кодового барабана, что обеспечивает останковку его только в исходном положении независимо от момента прекращения подачи питания на мотор через цепь, управляемую часовым механизмом (при этом блокировочные цепи питания проходят через штыри 1 и 8 разъемов  $Ш_6$ ,  $Ш_5$ ,  $Ш_4$  и  $Ш_3$  и контакты  $КБ_1$ ). При вращении кодовый барабан поочередно контактирует с перьями, вследствие чего происходит включение манипуляционного реле  $P_1$  в соответствии со знаками азбуки Морзе, нанесенными в контактных канавках (через которые проходят кончики перьев).

При каждом включении реле  $P_1$  замыканием своих нормально разомкнутых контактов  $P_{1-1}$  подает (через цепь, проходящую штырь 2 разъемов  $Ш_4$  и  $Ш_3$ ) напряжение 250 в на анод и экран-

ную сетку лампы  $L_1$  и экранную сетку лампы  $L_2$ . В момент подачи напряжения 250 в лампа  $L_2$  отпирается (обычно она заперта напряжением —45 в, приложенным к управляющей сетке) и передатчик начинает генерировать и передавать в эфир. Это продолжается до тех пор, пока кончик пера находится в канавке на участке, чистом от изоляционного лака. При попадании пера на изолированный участок питание реле  $P_1$  прекращается и оно разрывает цепь подачи напряжения на анод и экранную сетку  $L_1$  и экранную сетку  $L_2$ . Излучение передатчика в эфир прекращается.

Таким образом, при вращении кодового барабана в эфир излучаются прерывистые сигналы, равные по продолжительности времени прохождения мимо перьев чистых участков кодовой пластины. Сочетание этих сигналов за каждый оборот кодового барабана позволяет определить номер станции (контакты кодового пера) и значения всех измеряемых элементов. Продолжительность одного оборота барабана 8 сек. Скорость передачи около 40 знаков в минуту. За один цикл работы станции кодовый барабан делает 15 оборотов. При каждом обороте барабана передача сигналов происходит в следующей последовательности: позывные, далее значения давления, скорости ветра, направления ветра, температуры.

Минутная стрелка обеспечивает подачу питания через контакты часов  $H$  и  $C$  в течение 3 мин. Затем все цепи питания разрываются, за исключением цепи питания мотора, блокируемой контактами  $KB_1$ . Она разрывается только в момент прихода кодового барабана в исходное положение, когда контакты  $KB_1$  замыкаются и мотор останавливается до следующего включения его через 24 час часовым механизмом.

Принятые по радио сигналы от ДАРМС расшифровываются по кодовым таблицам (или графикам), которые составляются на основании результатов поверки станции.

На специальном бланке строят кривые в координатах: по оси абсцисс — буквы, нанесенные на кодовой пластине, а по оси ординат — значения измеряемых элементов. Там же могут быть указаны позывные, присвоенные данной станции. На кодовых пластинах наносятся буквы, наиболее различимые между собой и более кратко передаваемые по азбуке Морзе: х, у, р, м, и, с, т, а, н, д в десятикратной повторности по одной букве в каждой канавке.

ДАРМС обеспечивает измерение давления в пределах 960—1050 мб с дискретностью 1 мб с точностью около 2 мб, измерение скорости ветра до 20 м/сек с дискретностью 1 м/сек с точностью 2 м/сек и направления ветра по 16 румбам с точностью около  $\pm 10^\circ$ , измерение температуры воздуха от  $-50$  до  $+20^\circ$  с дискретностью  $1^\circ$  с точностью около  $2^\circ$ .

Точность измерения температуры воздуха и давления невысокая, что является одним из основных недостатков станции. Недостаточен также предел измерения скорости ветра.

Если к ДАРМС вместо метеорологического блока подключить кодовый блок (к разъему Ш<sub>5</sub>), она становится радиовехой.

### Новые автоматические станции

Рассмотренные в этой главе автоматические установки для метеорологических измерений успешно применяются уже в течение многих лет. Они, по-видимому, будут совершенствоваться и в дальнейшем использоваться по назначению.

Реализация плана автоматизации всего комплекса процессов формирования и распространения метеорологической информации требует создания новых, более совершенных автоматических систем, которые должны обеспечить автоматизацию процессов, выполняемых на ныне действующей сети гидрометеорологических станций инженерно-техническим персоналом станций.

Современные метеорологические станции выполняют большой объем весьма разнообразных по своему характеру работ (см. наставление и материал изложенный в данной книге).

Для удобства анализа этих работ с точки зрения возможности и целесообразности их автоматизации они могут быть разбиты на следующие укрупненные группы:

1. Производство измерений (с помощью приборов, см. табл. 1.1) (в фиксированные сроки, по запросу, при возникновении опасных явлений).
2. Производство визуальных наблюдений (см. табл. 1.1) (в фиксированные сроки, по запросу, при возникновении опасных явлений).
3. Непрерывное наблюдение за состоянием погоды.
4. Первичная обработка данных (введение поправок, вычисление, запись результатов в форме, пригодной для передачи и дальнейшей обработки и т. п.).
5. Передача данных (в срок, по запросу, при возникновении и прекращении опасных явлений).
6. Обслуживание аппаратуры и метеорологической площадки (поддержание приборов в рабочем состоянии, подготовка приборов к измерениям, поддержание в должном состоянии площадки и др.).

Даже первичный анализ работ по таким укрупненным группам позволяет сделать ряд выводов.

Не все группы работ в равной мере могут быть автоматизированы. Вторая группа работ (визуальные наблюдения) вообще не может быть полностью автоматизирована, до тех пор пока не будут созданы приборы или косвенные методы для оценки явлений, наблюдаемых в настоящее время визуально. Объем выполняемых работ на станции может быть при автоматизации

в некоторой мере пересмотрен. Так, например, визуальные наблюдения за количеством и характером облаков в значительной мере теряют свою ценность и могут быть упразднены при наличии более полной информации об облачности, получаемой с помощью метеорологических спутников Земли и наземной сети специальных радиолокаторов и возможности использования этой информации. Обработка результатов измерений, выполняемая ныне действующими станциями, при наличии центральных пунктов машинной обработки может быть частично или даже полностью исключена из круга работ автоматических станций. При разработке автоматических станций путем детального анализа определяют круг работ (действий), которые должны выполняться станцией, систематизируют эти действия и составляют некоторую сводку правил (алгоритм), обеспечивающих решение поставленной задачи (производства намеченного круга работ) автоматическими устройствами путем выполнения ими последовательного ряда простых операций.

Характер алгоритма определяет структуру станции, обеспечивающую все необходимые функции по производству измерений, обработке результатов измерений и передачи информации. Определяющим фактором является объем работ, который должен выполняться автоматической станцией. Этот вопрос может быть окончательно решен только в сочетании с решением вопросов автоматизации других звеньев комплексной автоматизации. Можно предположить, что нужны будут автоматические станции нескольких типов в зависимости от их назначения. Рядом учреждений разработаны первые варианты станций. Так, например, Главной геофизической обсерваторией и Рижским заводом гидрометприборов разработана и изготовлена автоматическая станция, обеспечивающая измерение температуры и влажности воздуха, температуры почвы на десяти глубинах, давления атмосферы, средней и максимальной скорости ветра, направления ветра, дальности видимости и высоты нижней границы облаков.

Станция производит первичную обработку результатов измерений (введение поправок, вычисление и определение температуры точки росы, экстремальных значений температуры воздуха, величины и характера барической тенденции и т. д.), кодирование и передачу данных по телеграфным линиям связи, а также регистрирует результаты на рулонном телеграфном аппарате, установленном в помещении станции.

Станция обеспечивает точность измерений, близкую к принятой в настоящее время в Гидрометслужбе (так, например, по температуре обеспечивается измерение с погрешностью не более  $\pm 0,2^\circ$ , по давлению  $\pm 0,2$  мб). Предусмотрена возможность ручного ввода данных, получаемых путем визуальных наблюдений. Станция производит измерения и выдает информацию в установ-

ленные сроки и по запросу, следит за состоянием погоды и выдает информацию при возникновении опасных явлений.

Структура станции построена в соответствии с решаемыми ею задачами. Она имеет специализированное вычислительно-управляющее устройство, блоки соответствующих датчиков, регистрирующие устройства. Вычислительно-управляющее устройство, находящееся в помещении станции обеспечивает:

1. Счет времени (необходимый для ведения календаря, выдачи информации в заданные сроки, указания времени при выдаче информации и т. д.).

2. Управление датчиками.

3. Съем показаний датчиков.

4. Оценку состояния погоды с целью обнаружения опасных явлений.

5. Обработку данных (введение поправок, вычисление, округление результатов).

6. Кодирование.

7. Передачу данных и ряд других операций.

Датчики располагаются на открытом воздухе, за исключением датчика атмосферного давления, устанавливаемого в помещении, с учетом рекомендаций наставления. Они могут быть удалены от вычислительно-управляющего устройства на расстояние до 300 м, а некоторые из них (датчики дальности видимости и высоты облаков) до нескольких километров.

В ГГО и ряде других учреждений разработаны более простые варианты автоматических станций без вычислительных устройств. Эти станции не производят обработки данных и могут действовать при наличии достаточно совершенных линий связи и гибкой централизованной системы сбора, обработки и распространения метеорологической информации. Окончательное заключение о выборе наиболее целесообразных типов автоматических станций можно будет сделать только после получения и анализа результатов всесторонних испытаний разработанных вариантов станций.

## ЛИТЕРАТУРА

- Стернзат М. С. и Сапожников А. А. Метеорологические приборы, наблюдения и их обработка. Гидрометеиздат, 1959.
- Автоматическая радиометеорологическая станция (АРМС-Н) М-36. Гидрометеиздат, 1965.
- Автоматический радиовеетромер (АРИВ) М-42. Гидрометеиздат, 1965.
- Автоматический радиоосадкомер (АРО) М-4. Гидрометеиздат, 1966.
- Маклаков А. Ф. [и др.]. Эксплуатация и ремонт метеорологических приборов. Гидрометеиздат, 1965.
- Чаплыгин Е. И. Руководство по наблюдениям над течениями. Изд. «Морской транспорт», 1957.
- Кедроливанский В. Н. и Стернзат М. С. Метеорологические приборы. Гидрометеиздат, 1953.

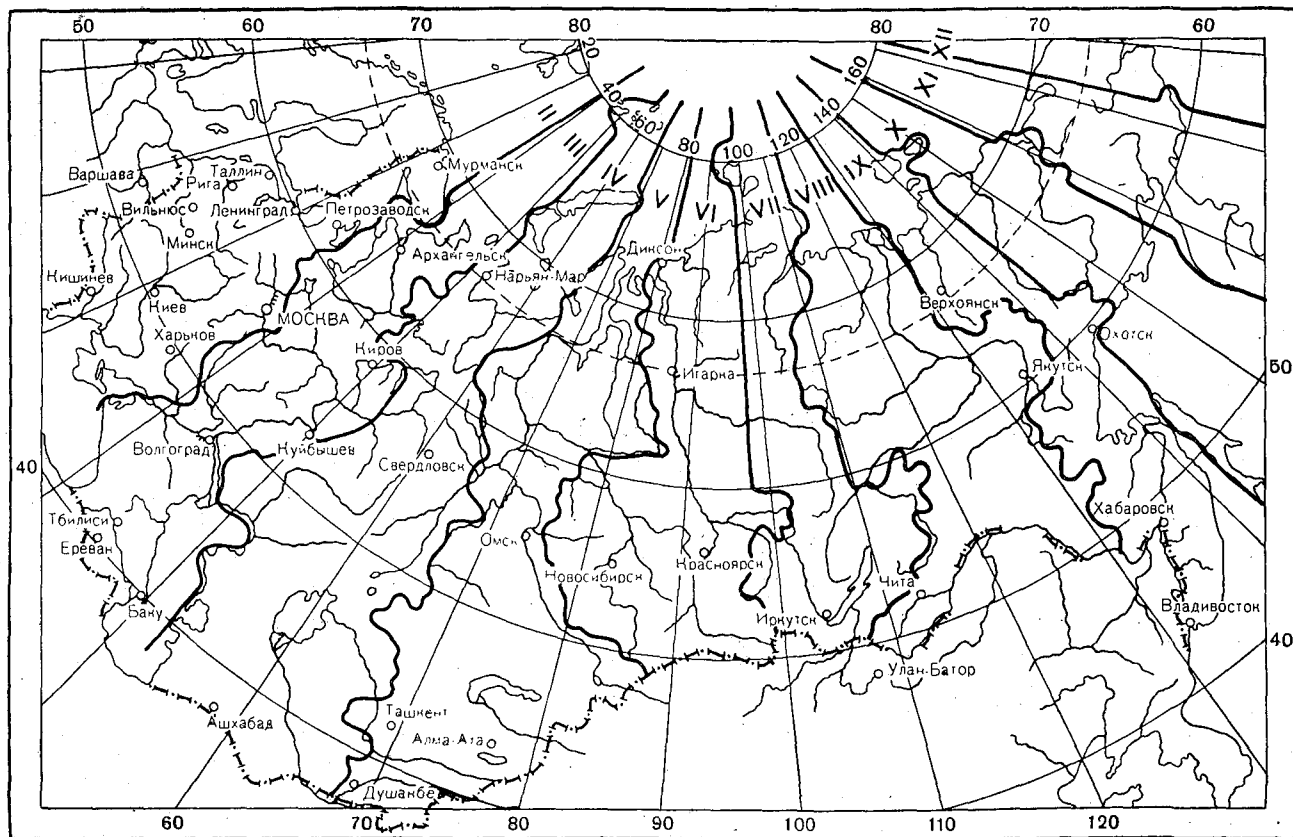
## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Среднее местное время в истинный полдень (час. мин.)

Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число
1	12 03	12 14	12 13	12 04	11 57	11 58	12 04	12 06	12 00	11 50	11 44	11 49	1
2	12 03	12 14	12 12	12 04	11 57	11 58	12 04	12 06	12 00	11 50	11 44	11 49	2
3	12 04	12 14	12 12	12 04	11 57	11 58	12 04	12 06	12 00	11 49	11 44	11 50	3
4	12 04	12 14	12 12	12 03	11 57	11 58	12 04	12 06	11 59	11 49	11 44	11 50	4
5	12 05	12 14	12 12	12 03	11 57	11 58	12 04	12 06	11 59	11 49	11 44	11 50	5
6	12 05	12 14	12 12	12 03	11 57	11 58	12 04	12 06	11 59	11 48	11 44	11 51	6
7	12 06	12 14	12 11	12 02	11 56	11 59	12 05	12 06	11 58	11 48	11 44	11 51	7
8	12 06	12 14	12 11	12 02	11 56	11 59	12 05	12 06	11 58	11 48	11 44	11 52	8
9	12 07	12 14	12 11	12 02	11 56	11 59	12 05	12 05	11 58	11 47	11 44	11 52	9
10	12 07	12 14	12 11	12 02	11 56	11 59	12 05	12 05	11 57	11 47	11 44	11 53	10
11	12 08	12 14	12 10	12 01	11 56	11 59	12 05	12 05	11 57	11 47	11 44	11 53	11
12	12 08	12 14	12 10	12 01	11 56	12 00	12 05	12 05	11 56	11 47	11 44	11 54	12
13	12 09	12 14	12 10	12 01	11 56	12 00	12 05	12 05	11 56	11 46	11 44	11 54	13
14	12 09	12 14	12 09	12 00	11 56	12 00	12 06	12 05	11 55	11 46	11 45	11 55	14
15	12 09	12 14	12 09	12 00	11 56	12 00	12 06	12 05	11 55	11 46	11 45	11 55	15
16	12 10	12 14	12 09	12 00	11 56	12 00	12 06	12 04	11 55	11 46	11 45	11 55	16
17	12 10	12 14	12 09	12 00	11 56	12 01	12 06	12 04	11 55	11 46	11 45	11 56	17
18	12 10	12 14	12 08	11 59	11 56	12 01	12 06	12 04	11 54	11 45	11 45	11 56	18
19	12 11	12 14	12 08	11 59	11 56	12 01	12 06	12 04	11 54	11 45	11 45	11 57	19
20	12 11	12 14	12 08	11 59	11 56	12 01	12 06	12 03	11 54	11 45	11 46	11 57	20
21	12 11	12 14	12 07	11 59	11 56	12 01	12 06	12 03	11 53	11 45	11 46	11 58	21
22	12 12	12 14	12 07	11 59	11 56	12 02	12 06	12 03	11 53	11 45	11 46	11 58	22
23	12 12	12 14	12 07	11 58	11 57	12 02	12 06	12 03	11 53	11 44	11 46	11 59	23
24	12 12	12 13	12 07	11 58	11 57	12 02	12 06	12 02	11 52	11 44	11 47	11 59	24
25	12 12	12 13	12 06	11 58	11 57	12 02	12 06	12 02	11 52	11 44	11 47	12 00	25
26	12 13	12 13	12 06	11 58	11 57	12 03	12 06	12 02	11 52	11 44	11 47	12 00	26
27	12 13	12 13	12 06	11 58	11 57	12 03	12 06	12 02	11 51	11 44	11 48	12 01	27
28	12 13	12 13	12 05	11 57	11 57	12 03	12 06	12 01	11 51	11 44	11 48	12 01	28
29	12 13		12 05	11 57	11 57	12 03	12 06	12 01	11 51	11 44	11 48	12 02	29
30	12 13		12 05	11 57	11 57	12 03	12 06	12 01	11 50	11 44	11 49	12 02	30
31	12 14		12 04		11 57		12 06	12 00		11 44		12 03	31



Карта часовых поясов территории СССР



## Упругость пара, насыщенного пространство над плоской поверхностью чистой воды, переохлажденной воды и чистого льда

$t^{\circ}$	$e$ мм	$t^{\circ}$	$e$ мм	$t^{\circ}$	$e$ мм	$t^{\circ}$	$e$ мм
Плоская поверхность чистой воды							
0	6,1078	15,5	17,600	30,5	43,663	46,0	100,89
0,5	6,3333	16,0	18,173	31,0	44,927	46,5	103,50
1,0	6,5662	16,5	18,762	31,5	46,223	47,0	106,16
1,5	6,8066	17,0	19,367	32,0	47,551	47,5	108,86
2,0	7,0547	17,5	19,990	32,5	48,912	48,0	111,66
2,5	7,3109	18,0	20,630	33,0	50,307	48,5	114,50
3,0	7,5753	18,5	21,288	33,5	51,736	49,0	117,40
3,5	7,8480	19,0	21,964	34,0	53,200	49,5	120,37
4,0	8,1294	19,5	22,659	34,5	54,700	50,0	123,40
4,5	8,4198	20,0	23,373	35,0	56,236	50,5	126,49
5,0	8,7192	20,5	24,107	35,5	57,810	51,0	129,65
5,5	9,0280	21,0	24,861	36,0	59,422	51,5	132,88
6,0	9,3465	21,5	25,635	36,5	61,072	52,0	136,17
6,5	9,6748	22,0	26,430	37,0	62,762	52,5	139,54
7,0	10,013	22,5	27,247	37,5	64,493	53,0	142,98
7,5	10,362	23,0	28,086	38,0	66,264	53,5	146,49
8,0	10,722	23,5	28,947	38,5	68,078	54,0	150,07
8,5	11,092	24,0	29,831	39,0	69,934	54,5	153,73
9,0	11,474	24,5	30,739	39,5	71,833	55,0	157,46
9,5	11,867	25,0	31,671	40,0	73,777	55,5	161,27
10,0	12,272	25,5	32,627	40,5	75,767	56,0	165,16
10,5	12,690	26,0	33,608	41,0	77,802	56,5	169,13
11,0	13,119	26,5	34,615	41,5	79,885	57,0	173,18
11,5	13,562	27,0	35,649	42,0	82,015	57,5	177,31
12,0	14,017	27,5	36,709	42,5	84,194	58,0	181,53
12,5	14,486	28,0	37,796	43,0	86,423	58,5	185,83
13,0	14,969	28,5	38,911	43,5	88,703	59,0	190,22
13,5	15,466	29,0	40,055	44,0	91,034	59,5	194,69
14,0	15,977	29,5	41,228	44,5	93,418	60,0	199,26
14,5	16,503	30,0	42,430	45,0	95,855		
15,0	17,044			45,5	98,347		

## Плоская поверхность переохлажденной воды

—50,0	0,06356	—37,0	0,2571	—24,5	0,8441	—12,0	2,4409
—49,5	0,06730	—36,5	0,2703	—24,0	0,8827	—11,5	2,5408
—49,0	0,07124	—36,0	0,2842	—23,5	0,9230	—11,0	2,6443
—48,5	0,07538	—35,5	0,2987	—23,0	0,9649	—10,5	2,7516
—48,0	0,07975	—35,0	0,3139	—22,5	1,0084	—10,0	2,8627
—47,5	0,08435	—34,5	0,3297	—22,0	1,0538	—9,5	2,9778
—47,0	0,08918	—34,0	0,3463	—21,5	1,1009	—9,0	3,0971
—46,5	0,09426	—33,5	0,3637	—21,0	1,1500	—8,5	3,2205
—46,0	0,09961	—33,0	0,3818	—20,5	1,2010	—8,0	3,3484
—45,5	0,1052	—32,5	0,4007	—20,0	1,2540	—7,5	3,4807
—45,0	0,1111	—32,0	0,4205	—19,5	1,3091	—7,0	3,6177
—44,5	0,1174	—31,5	0,4412	—19,0	1,3664	—6,5	3,7594
—44,0	0,1239	—31,0	0,4628	—18,5	1,4259	—6,0	3,9061

$t^{\circ}$	$e$ мб	$t^{\circ}$	$e$ мб	$t^{\circ}$	$e$ мб	$t^{\circ}$	$e$ мб
-43,5	0,1307	-30,5	0,4853	-18,0	1,4877	-5,5	4,0579
-43,0	0,1379	-30,0	0,5088	-17,5	1,5519	-5,0	4,2148
-42,5	0,1455	-29,5	0,5333	-17,0	1,6186	-4,5	4,3772
-42,0	0,1534	-29,0	0,5589	-16,5	1,6879	-4,0	4,5451
-41,5	0,1617	-28,5	0,5856	-16,0	1,7597	-3,5	4,7187
-41,0	0,1704	-28,0	0,6134	-15,5	1,8343	-3,0	4,8981
-40,5	0,1796	-27,5	0,6425	-15,0	1,9118	-2,5	5,0836
-40,0	0,1891	-27,0	0,6727	-14,5	1,9921	-2,0	5,2753
-39,5	0,1992	-26,5	0,7042	-14,0	2,0755	-1,5	5,4734
-39,0	0,2097	-26,0	0,7371	-13,5	2,1619	-1,0	5,6780
-38,5	0,2207	-25,5	0,7713	-13,0	2,2515	-0,5	5,8894
-38,0	0,2323	-25,0	0,8070	-12,5	2,3445	0	6,1078
-37,5	0,2444						

Плоская поверхность чистого льда

-100	0,00001403	-87,5	0,0001518	-75,0	0,001220	-62,5	0,007674
-99,5	0,00001553	-87,0	0,0001658	-74,5	0,001319	-62,0	0,008223
-99,0	0,00001719	-86,5	0,0001811	-74,0	0,001425	-61,5	0,008808
-98,5	0,00001901	-86,0	0,0001977	-73,5	0,001539	-61,0	0,009432
-98,0	0,00002101	-85,5	0,0002158	-73,0	0,001662	-60,5	0,01010
-97,5	0,00002320	-85,0	0,0002353	-72,5	0,001794	-60,0	0,01080
-97,0	0,00002561	-84,5	0,0002566	-72,0	0,001936	-59,5	0,01156
-96,5	0,00002826	-84,0	0,0002796	-71,5	0,002088	-59,0	0,01236
-96,0	0,00003117	-83,5	0,0003045	-71,0	0,002252	-58,5	0,01322
-95,5	0,00003435	-83,0	0,0003316	-70,5	0,002427	-58,0	0,01413
-95,0	0,00003784	-82,5	0,0003608	-70,0	0,002615	-57,5	0,01509
-94,5	0,00004166	-82,0	0,0003925	-69,5	0,002816	-57,0	0,01612
-94,0	0,00004584	-81,5	0,0004268	-69,0	0,003032	-56,5	0,01722
-93,5	0,00005041	-81,0	0,0004638	-68,5	0,003263	-56,0	0,01838
-93,0	0,00005542	-80,5	0,0005039	-68,0	0,003511	-55,5	0,01961
-92,5	0,00006088	-80,0	0,0005472	-67,5	0,003776	-55,0	0,02092
-92,0	0,00006685	-79,5	0,0005939	-67,0	0,004060	-54,5	0,02232
-91,5	0,00007338	-79,0	0,0006444	-66,5	0,004363	-54,0	0,02380
-91,0	0,00008049	-78,5	0,0006989	-66,0	0,004688	-53,5	0,02537
-90,5	0,00008825	-78,0	0,0007577	-65,5	0,005035	-53,0	0,02703
-90,0	0,00009672	-77,5	0,0008211	-65,0	0,005406	-52,5	0,02880
-89,5	0,0001059	-77,0	0,0008894	-64,5	0,005802	-52,0	0,03067
-89,0	0,0001160	-76,5	0,0009631	-64,0	0,006225	-51,5	0,03265
-88,5	0,0001269	-76,0	0,001042	-63,5	0,006677	-51,0	0,03476
-88,0	0,0001388	-75,5	0,001128	-63,0	0,007159	-50,5	0,03699
						-50,0	0,03935
-49,5	0,04185	-37,0	0,1794	-24,5	0,6646	-12,0	2,172
-49,0	0,04449	-36,5	0,1896	-24,0	0,6985	-11,5	2,271
-48,5	0,04730	-36,0	0,2002	-23,5	0,7339	-11,0	2,376
-48,0	0,05026	-35,5	0,2115	-23,0	0,7709	-10,5	2,484
-47,5	0,05340	-35,0	0,2233	-22,5	0,8097	-10,0	2,597
-47,0	0,05671	-34,5	0,2357	-22,0	0,8502	-9,5	2,715
-46,5	0,06022	-34,0	0,2488	-21,5	0,8926	-9,0	2,837
-46,0	0,06393	-33,5	0,2625	-21,0	0,9370	-8,5	2,965
-45,5	0,06784	-33,0	0,2769	-20,5	0,9833	-8,0	3,097
-45,0	0,07198	-32,5	0,2920	-20,0	1,032	-7,5	3,236

$t^{\circ}$	$e$ ммб	$t^{\circ}$	$e$ ммб	$t^{\circ}$	$e$ ммб	$t^{\circ}$	$e$ ммб
-44,5	0,0635	-32,0	0,3079	-19,5	1,082	-7,0	3,379
-44,0	0,08097	-31,5	0,3246	-19,0	1,135	-6,5	3,529
-43,5	0,08584	-31,0	0,3421	-18,5	1,190	-6,0	3,685
-43,0	0,09098	-30,5	0,3605	-18,0	1,248	-5,5	3,846
-42,5	0,09641	-30,0	0,3798	-17,5	1,308	-5,0	4,015
-42,0	0,1021	-29,5	0,4000	-17,0	1,371	-4,5	4,190
-41,5	0,1082	-29,0	0,4213	-16,5	1,437	-4,0	4,372
-41,0	0,1145	-28,5	0,4435	-16,0	1,506	-3,5	4,561
-40,5	0,1212	-28,0	0,4669	-15,5	1,577	-3,0	4,757
-40,0	0,1283	-27,5	0,4913	-15,0	1,652	-2,5	4,961
-39,5	0,1358	-27,0	0,5170	-14,5	1,730	-2,0	5,173
-39,0	0,1436	-26,5	0,5438	-14,0	1,811	-1,5	5,394
-38,5	0,1519	-26,0	0,5720	-13,5	1,895	-1,0	5,623
-38,0	0,1606	-25,5	0,6015	-13,0	1,984	-0,5	5,860
-37,5	0,1698	-25,0	0,6323	-12,5	2,076	0,0	6,107

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Точные присвоенные значения температуры первичных постоянных точек  
(при нормальном давлении 101 325 н/м², кроме тройной точки воды)

	Температура, °C
Температура равновесия между жидким кислородом и его паром (точка кипения кислорода)	-182,97
Температура равновесия между льдом, жидкой водой и водяным паром (тройная точка воды)	0,01
Температура равновесия между жидкой водой и ее паром (точка кипения воды)	100
Температура равновесия между жидкой серой и ее паром (точка кипения серы)	444,6
Температура равновесия между твердым серебром и жидким серебром (точка затвердевания серебра)	960,8
Температура равновесия между твердым золотом и жидким золотом (точка затвердевания золота)	1063

# ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Значение коэффициента  $R$  для обработки результатов наблюдений методом гашения

Исправлен- ный отсчет	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	6	8	9	11	12	14	16	18	21	23
20	26	28	31	34	37	40	44	47	51	55
30	59	63	67	72	77	81	86	92	97	102
40	108	114	120	127	133	140	147	154	161	169

Исправлен- ный отсчет	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
50	177	178	179	180	180	181	182	182	183	184
51	185	186	187	188	189	190	190	191	192	193
52	194	194	195	196	197	198	199	200	200	201
53	202	203	204	205	206	207	208	208	209	210
54	211	212	213	214	215	216	217	218	218	219
55	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229
56	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
57	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249
58	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
59	260	262	263	264	265	266	267	268	269	270
60	271	273	274	275	276	277	278	279	280	282
61	283	284	285	286	287	288	290	291	292	293
62	294	296	297	298	299	300	301	302	304	305
63	306	308	309	310	311	312	314	315	316	318
64	319	320	321	322	324	325	326	328	329	330
65	332	333	334	336	337	338	339	340	342	344
66	345	346	348	349	350	352	353	354	356	358
67	359	360	362	364	365	366	367	368	370	372
68	373	374	376	378	379	380	382	384	385	386
69	388	390	391	392	394	396	397	398	400	402
70	403	404	406	408	410	412	413	414	416	418
71	419	421	423	424	426	428	429	431	433	434
72	436	438	440	442	443	444	446	448	450	452
73	453	455	457	459	461	462	464	466	468	470
74	472	474	475	477	479	481	483	485	487	489
75	491	493	495	497	499	500	502	504	506	508
76	510	512	515	517	519	521	523	525	527	529
77	531	534	536	538	540	542	544	546	548	550
78	553	555	557	560	562	564	566	568	571	574
79	576	578	580	582	585	588	590	592	595	598
80	600	602	605	608	610	612	615	618	620	622
81	625	628	631	634	636	638	641	644	646	649
82	652	655	658	660	663	666	669	672	674	677
83	680	684	687	690	692	695	698	702	705	708
84	711	714	717	720	724	727	730	733	736	740
85	743	746	750	754	757	760	763	766	770	774
86	778	782	785	788	792	796	799	803	807	811
87	815	819	823	827	831	835	839	843	847	851

Исправлен- ный отсчет	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
88	855	860	864	868	873	877	881	886	890	894
89	899	904	909	914	918	922	927	932	937	942
90	948	953	958	963	968	973	978	984	989	995
91	1001	1007	1013	1018	1024	1030	1036	1042	1048	1054
92	1061	1068	1074	1080	1087	1094	1100	1107	1114	1122
93	1129	1136	1144	1152	1159	1166	1174	1182	1190	1198
94	1207	1216	1225	1234	1243	1252	1260	1270	1280	

# ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Значения коэффициента *C* для обработки результатов наблюдений методом фотометрического сравнения

Целое число градус	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
8	1057	1051	1044	1038	1032	1025	1019	1013	1007	1002
9	995	990	985	980	974	968	963	957	952	946
10	942	937	931	925	920	916	911	906	901	896
11	891	887	882	877	873	868	864	859	855	850
12	846	842	838	833	829	825	821	816	812	808
13	804	800	796	792	788	784	780	777	773	769
14	765	762	758	754	750	747	743	739	736	732
15	728	725	722	718	714	711	708	704	701	698
16	694	691	688	684	682	678	674	672	669	665
17	662	659	656	653	650	646	643	640	637	634
18	632	628	625	622	619	616	613	611	608	605
19	602	599	596	594	591	588	586	583	581	577
20	575	572	569	567	564	561	558	555	553	550
21	548	545	542	540	537	534	532	529	526	524
22	522	519	516	514	512	510	507	505	502	499
23	497	494	492	490	487	485	483	481	478	476
24	474	471	469	466	464	462	460	457	455	453
25	451	448	446	444	441	439	437	435	432	430
26	428	426	424	421	419	417	414	412	410	408
27	406	404	402	400	398	396	394	391	389	387
28	385	383	381	379	377	374	372	370	368	366
29	364	362	360	358	356	354	352	350	348	346
30	344	342	340	338	336	334	333	331	329	327
31	325	323	321	319	317	315	313	311	309	307
32	306	304	302	300	298	296	294	292	291	289
33	287	285	283	281	279	277	276	274	272	270
34	268	266	264	262	261	259	258	256	254	252
35	250	248	246	244	243	241	239	238	236	234
36	232	230	228	227	225	223	222	220	218	216
37	215	213	211	209	207	206	204	202	200	199
38	197	196	194	192	190	189	187	185	183	182
39	180	178	176	175	174	172	170	168	166	165
40	163	162	160	158	156	155	153	151	150	148

Целое число градус	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
41	146	145	143	141	140	138	136	135	133	132
42	130	128	126	125	123	121	120	118	116	115
43	114	112	110	108	106	105	103	102	100	98
44	97	95	94	92	91	89	87	85	83	82
45	81	79	77	76	74	72	71	70	68	66
46	64	63	61	59	58	57	55	53	52	50
47	48	47	45	43	42	40	39	37	35	34
48	32	31	29	27	26	24	22	21	19	18
49	16	14	13	11	10	8	6	5	3	2

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Значения коэффициента  $E$  для обработки результатов наблюдений методом фотометрического сравнения

Объект	Бесснежный период		Период со снежным покровом		
	$P$	$\odot$	$P$	$\odot$	состояние объекта
Черный наклонный щит	3	16	8	27	Снега или изморози на деревьях нет или мало Снег или изморозь на деревьях есть Снега или изморози на деревьях очень много
Вертикальный черный щит	8	50	16	60	
Хвойный лес (или группа хвойных деревьев)	40	70	70	90	
То же	—	—	150	180	
„	—	—	230	270	
Темные здания, темные крыши деревянных и каменных построек, темные голые склоны и скалы	70	90	90	110	Снега или изморози на деревьях нет или мало Снег или изморозь на деревьях есть Снега или изморози на деревьях очень много
Лиственный лес с зеленой листвой	70	150	—	—	
Лиственный лес осенью (пожелтевший)	130	180	—	—	
Лиственный лес без листьев	90	130	130	150	
То же	—	—	200	230	
„	—	—	350	350	Снега или изморози на деревьях очень много
Серые сельские постройки, серые скалы, земляные и кирпичные постройки	110	130	130	150	

**Относительная дальность видимости  $V$  при наблюдении методом  
фотометрического сравнения при комплексном способе  
(по щитку-диафрагме и черному щиту)**

Исправ- ленный отсчет	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
9	1,00	1,0	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05
10	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10
11	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16	1,16	1,17	1,17
12	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24
13	1,24	1,25	1,25	1,26	1,27	1,27	1,28	1,28	1,29	1,30
14	1,30	1,31	1,32	1,32	1,33	1,33	1,34	1,35	1,36	1,36
15	1,37	1,37	1,38	1,39	1,40	1,40	1,41	1,41	1,42	1,43
16	1,44	1,45	1,46	1,46	1,47	1,48	1,48	1,49	1,49	1,50
17	1,51	1,52	1,53	1,53	1,54	1,54	1,55	1,56	1,56	1,57
18	1,58	1,59	1,60	1,61	1,61	1,62	1,62	1,63	1,64	1,65
19	1,66	1,67	1,68	1,69	1,69	1,70	1,70	1,71	1,71	1,72
20	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,78	1,79	1,80	1,81	1,82
21	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89	1,90	1,91
22	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,96	1,97	1,98	1,99	2,00
23	2,01	2,02	2,03	2,04	2,04	2,05	2,06	2,07	2,09	2,10
24	2,11	2,12	2,13	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21
25	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	2,29	2,30	2,31	2,32
26	2,34	2,35	2,36	2,37	2,38	2,40	2,41	2,42	2,44	2,45
27	2,46	2,48	2,50	2,51	2,53	2,54	2,55	2,56	2,57	2,58
28	2,59	2,60	2,62	2,64	2,66	2,67	2,68	2,70	2,71	2,73
29	2,75	2,76	2,78	2,80	2,81	2,83	2,84	2,85	2,87	2,88
30	2,91	2,92	2,94	2,96	2,98	2,99	3,00	3,02	3,04	3,06
31	3,08	3,09	3,11	3,13	3,15	3,17	3,19	3,21	3,23	3,25
32	3,27	3,29	3,32	3,34	3,36	3,38	3,40	3,42	3,44	3,47
33	3,50	3,52	3,54	3,56	3,58	3,60	3,62	3,64	3,66	3,69
34	3,72	3,74	3,77	3,80	3,83	3,85	3,88	3,91	3,94	3,97
35	4,00	4,03	4,06	4,09	4,12	4,15	4,18	4,21	4,24	4,28
36	4,32	4,35	4,38	4,42	4,45	4,48	4,50	4,54	4,58	4,62
37	4,67	4,72	4,76	4,80	4,83	4,86	4,89	4,91	4,96	5,00
38	5,06	5,10	5,15	5,20	5,25	5,30	5,34	5,40	5,44	5,50
39	5,55	5,61	5,67	5,72	5,77	5,82	5,87	5,93	5,99	6,05
40	6,12	6,20	6,29	6,35	6,41	6,47	6,53	6,61	6,69	6,77
41	6,85	6,93	7,01	7,09	7,17	7,25	7,31	7,37	7,48	7,58
42	7,71	7,81	7,92	8,02	8,12	8,23	8,34	8,46	8,58	8,71
43	8,83	8,96	9,10	9,24	9,38	9,52	9,66	9,82	9,98	10,2
44	10,3	10,5	10,6	10,8	11,1	11,2	11,3	11,6	11,8	12,1
45	12,4	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	15,1
46	15,5	15,8	16,3	16,8	17,3	17,7	18,0	18,5	19,0	19,5
47	20,4	21,4	22,3	23,5	24,4	—	—	—	—	—



ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Относительная дальность видимости  $V$  при наблюдениях методом относительной яркости при комплексном способе  
(по щитку-диафрагме и черному щиту)

Отсчет по щиту $N_{\text{ш}}$	Отсчет по небу $N_{\text{н}}$																								
	84	86	87	88	88,5	89	89,2	89,4	89,6	89,8	90	90,2	90,4	90,6	90,8	91	91,2	91,4	91,6	91,8	92	92,5	93	94	95
46	65	87	102	120	132	145	151	156	162	169	175	184	192	200	208										
47	60	81	95	112	124	135	141	147	152	157	164	171	179	187	195										
48	56	76	89	105	115	126	131	137	142	147	154	160	167	175	180										
49	52	70	83	98	107	118	122	128	132	138	144	150	157	164	169										
50	49	65	77	92	100	110	114	119	124	129	134	140	147	153	159	167	174								
51	45	61	72	86	94	103	107	111	116	121	125	131	137	143	149	157	163	172							
52	42	57	68	80	88	96	100	104	108	113	117	123	128	133	140	147	153	160	168						
53	39	53	63	75	82	90	94	97	101	106	110	115	120	124	131	137	143	150	158	165					
54	37	50	59	70	76	84	88	91	95	99	103	107	112	116	122	128	134	140	148	154	163				
55	34	47	56	65	71	79	82	85	89	92	96	100	105	109	114	120	125	131	138	145	151				
56	32	44	52	61	67	74	77	80	83	86	90	93	98	102	107	112	117	123	129	136	142	162			
57	30	41	48	57	62	69	72	74	77	80	84	87	91	95	100	105	109	115	121	127	131	152			
58	28	38	45	53	58	64	67	69	72	75	78	82	85	89	93	98	102	107	113	118	124	142	163		
59	26	35	41	49	54	60	62	64	67	70	73	76	80	83	87	91	95	100	105	110	116	133	153		
60	24	32	38	46	51	56	58	60	63	66	68	71	75	78	81	85	89	93	98	103	109	124	143		
61	22	30	36	43	47	52	54	56	58	61	63	66	70	73	76	79	83	87	91	96	101	116	133		
62	21	28	34	40	44	49	50	52	54	56	59	62	65	68	71	74	77	81	85	90	94	108	124	170	
63	19	26	31	37	41	45	47	48	50	52	55	57	60	63	66	69	72	75	79	84	88	100	116	159	
64	18	25	29	35	38	42	44	45	47	49	51	53	56	59	61	64	67	70	74	78	82	93	108	148	
65	16	23	27	32	35	39	40	42	44	45	47	49	52	54	57	59	62	65	69	73	76	87	100	138	
66	15	21	25	30	33	36	37	39	41	42	44	46	48	50	53	55	58	61	64	68	71	81	93	128	
67	14	19	23	27	30	33	34	36	38	39	41	42	44	47	49	51	54	56	59	63	66	75	86	119	172
68	13	18	21	25	28	31	31	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	52	55	58	61	69	80	110	159
69	12	16	19	23	26	28	29	31	32	33	35	36	38	40	41	43	46	48	51	53	56	64	74	101	148

$S_m = 9$  баллов

Отсчет по щиту $N_{III}$	Отсчет по небу $N_H$																								
	84	86	87	88	88,5	89	89,2	89,4	89,6	89,8	90	90,2	90,4	90,6	90,8	91	91,2	91,4	91,6	91,8	92	92,5	93	94	95
70	11	15	18	21	24	26	27	28	29	31	32	34	35	37	38	40	42	44	47	49	52	59	68	93	137
71	9,6	14	16	20	22	24	25	26	27	28	29	31	32	34	35	37	39	41	43	45	48	54	63	87	126
72	8,8	12	15	18	20	22	23	24	25	26	27	28	30	31	32	34	36	38	39	41	44	50	57	80	116
73	7,8	11	13	16	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30	31	33	34	36	38	40	46	53	73	107
74		10,1	12	14	16	18	19	20	21	22	22	23	24	25	27	28	30	31	33	35	36	42	48	67	98
75		9,2	11	13	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	25	26	27	28	30	32	33	38	44	61	89
76		8,2	9,9	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25	27	29	30	34	40	55	81
77		7,2	8,8	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	31	36	50	74
78		6,3	7,8	9,7	10,7	11	12	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	28	33	45	67
79		5,4	6,8	8,4	9,4	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21	22	25	30	41	60
80			5,9	7,4	8,2	9,0	9,7	9,9	10,6	11,3	11	12	13	13	14	15	16	17	17	18	19	22	26	37	54
81			5,0	6,4	7,1	8,0	8,5	8,9	9,3	9,7	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	17	20	23	33	49
82					6,1	6,9	7,3	7,7	8,1	8,4	8,8	9,5	9,7	10	11	12	12	13	14	15	15	18	22	29	44
83					5,1	5,8	6,2	6,5	6,9	7,2	7,6	8,0	8,5	9,0	9,4	10	11	11	12	13	13	15	18	25	38
84												6,8	7,2	7,6	8,1	8,6	9,1	9,6	10	11	11	13	16	22	30
86												4,5	4,8	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,6	8,1	9,5	11	16	24
88												2,7	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2	6,3	7,6	11	17	
90																1,1	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,5	4,5	7,0	11

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Значения дальности видимости  $S_M$  в зависимости от  $N_{OK}$

$N_{OK}$	$S_M$	$N_{OK}$	$S_M$	$N_{OK}$	$S_M$
$\leq 15$	96	23,1—24,7	6,0	36,7—37,3	2,3
15,1—15,3	45	24,8—26,5	5,0	37,4—38,0	2,2
15,4—15,6	40	26,6—26,7	4,9	38,1—38,7	2,1
15,7—15,9	35	26,8—27,0	4,8	38,8—39,4	2,0
16,0—16,3	30	27,1—27,2	4,7	39,5—40,3	1,9
16,4	29	27,3—27,5	4,6	40,4—41,2	1,8
16,5	28	27,6—27,8	4,5	41,3—42,2	1,7
16,6	27	27,9—28,0	4,4	42,3—43,3	1,6
16,7	26	28,1—28,3	4,3	43,4—44,3	1,5
16,8	25	28,4—28,6	4,2	44,4—45,4	1,4
16,9	24	28,7—28,9	4,1	45,5—46,7	1,3
17,0	23	29,0—29,3	4,0	46,8—48,2	1,2
17,1	22	29,4—29,6	3,9	48,3—49,7	1,1
17,2	21	29,7—29,9	3,8	49,8—51,3	1,0
17,3—17,4	20	30,0—30,3	3,7	51,4—53,0	0,9
17,5—17,6	19	30,4—30,7	3,6	53,1—54,7	0,8
17,7—17,8	18	30,8—31,1	3,5	54,8—56,6	0,7
17,9—18,0	17	31,2—31,4	3,4	56,7—58,9	0,6
18,1—18,2	16	31,5—31,8	3,3	59,0—61,5	0,5
18,3—18,4	15	31,9—32,3	3,2	61,6—64,5	0,4
18,5—18,6	14	32,4—32,8	3,1	64,6—68,1	0,3
18,7—18,9	13	32,9—33,3	3,0	68,2—72,4	0,2
19,0—19,2	12	33,4—33,9	2,9	72,5—78,8	0,1
19,3—19,7	11	34,0—34,4	2,8	78,9—79,8	0,09
19,8—20,3	10	34,5—34,9	2,7	79,9—80,8	0,08
20,4—21,0	9,0	35,0—35,4	2,6	80,9—81,7	0,07
21,1—22,0	8,0	35,5—36,0	2,5	81,8—82,8	0,06
22,1—23,0	7,0	36,1—36,6	2,4	82,9—83,9	0,05

### Таблица поправок на яркость неба

[illegible]

Отсчеты по лучу	Отсчеты по небу															
	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0
15,0—18,6										Дальность видимости более 50 км						
18,7—20,4	4,2	4,4	4,8	4,9												
20,5—22,0	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,6	6,0	6,4	6,8							
22,1—23,0	3,2	3,5	3,8	4,3	4,7	5,1	5,6	6,1	6,5	7,0	7,4	8,0				
23,1—24,0	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,7	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,6		
24,1—25,0	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,5	7,0	7,6	8,3	8,9	9,4
25,1—26,0	2,6	2,9	3,1	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8
26,1—27,0	2,5	2,7	2,9	3,3	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5	8,1
27,1—28,5	2,4	2,6	2,8	3,0	3,4	3,6	3,8	4,2	4,5	4,8	5,1	5,5	5,9	6,4	6,9	7,4
28,6—30,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,7	6,2	6,6
30,1—31,5	1,9	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,5	5,9
31,6—33,0	1,8	1,9	2,1	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3
33,1—34,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5	4,8
34,6—37,0	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,3
37,1—40,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,7
40,1—43,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1
43,1—46,5	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5
46,6—50,0	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9

**Значение коэффициента  $Q$  для обработки результатов наблюдений  
методом гашения**

Объект	Бесснежный период		Период со снежным покровом		
	$P$	$\odot$	$P$	$\odot$	состояние объектов
Хвойный лес или отдельное хвойное дерево	1010	980	980	960	Снега или изморози на деревьях нет или мало
То же	—	—	900	870	Снег или изморозь на деревьях есть
То же	—	—	820	780	Снега или изморози на деревьях очень много
Лиственный лес с зеленой листвой	980	900	—	—	
Лиственный лес осенью (пожелтевший)	920	870	—	—	
Лиственный лес без листьев	960	920	920	900	Снега или изморози на деревьях нет или мало
То же	—	—	850	820	Снег или изморозь на деревьях есть
То же	—	—	700	700	Снега или изморози на деревьях очень много
Темные здания, темные крыши деревянных и каменных построек, темные голые склоны и скалы	980	960	960	940	
Серые сельские постройки, серые скалы, земляные и кирпичные постройки	940	920	920	900	
Вертикальный черный щит	1040	1000	1030	990	
Черный щит, наклоненный к наблюдателю	1050	1030	1040	1020	

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<b>Глава 1. Общие сведения о метеорологических измерениях и приборах и об организации измерений (наблюдений) . . . . .</b>	<b>5</b>
Определение времени на метеорологической станции . . . . .	7
Понятие о времени (7). Хранение времени на станции (7). Исчисление времени (9). Поясное время (10). Декретное время (10).	
Общие сведения о метеорологических приборах. Основные требования к ним . . . . .	11
Метеорологическая станция и метеорологическая площадка . . . . .	16
Метеорологическая станция (16). Метеорологическая площадка (16)	
Сроки и порядок производства измерений и наблюдений . . . . .	18
Сроки наблюдений (18). Порядок производства измерений в сроки наблюдений (21).	
<b>Глава 2. Измерение температуры . . . . .</b>	<b>22</b>
Общие понятия температуры, температурные шкалы . . . . .	22
Международная практическая температурная шкала (23). Шкала Фаренгейта (23). Инерция термометров (23).	
Виды термометров . . . . .	26
1 Жидкостные термометры . . . . .	27
Термометрическое стекло (27). Изменение реперных точек у термометров (27). Временные понижения точки 0° (28). Термометрические жидкости (28). Чувствительность термометра (29).	
Метеорологические жидкостные термометры . . . . .	30
Психометрический термометр (ТМ-4) (31). Дополнительный спиртовый термометр (ТМ-9) (32). Термометр психометрический ртутно-таллиевый (32). Максимальный термометр (ТМ-1) (33). Минимальный термометр (ТМ-2) (34). Термометр к аспирационному психрометру (36). Термометр-пращ (ТМ-8) (36). Термометр для определения температуры поверхности почвы (37). Термометр коленчатый (Савинова) (ТМ-5) (37). Термометры почвенные вытяжные (ТПВ-50) (37). Термометр-шуп (АМ-6) (40).	
Правила отсчетов и введение поправок к отсчетам по жидкостным термометрам . . . . .	41
Повторные проверки точки нуля . . . . .	43
Некоторые неисправности жидкостных термометров и возможности их устранения . . . . .	45
Деформационные термометры . . . . .	49
Термографы (50). Термометр биметаллический для измерения температуры пахотного слоя почвы (56).	

Термометры сопротивления	57
Электротермометр (АМ-2М) (64). Установки для измерения температуры почвы М-54 и М-54-1М (67).	
Термоэлектрические термометры	71
Измерение и регистрация температуры воздуха и почвы на метеорологических станциях	73
Психрометрическая будка (73).	
Измерение температуры почвы	80
Измерение температуры на поверхности почвы (80). Монтаж установки М-54 и М-54-1М на метеорологической станции (84). Мерзлотомер (86).	
<b>Глава 3. Измерение атмосферного давления</b>	88
Методы измерения атмосферного давления	88
Барометры с жидкостями	88
Стационарный чашечный барометр с компенсированной шкалой (89)	
Горный барометр (93). Сифонно-чашечный барометр контрольный (93). Барометр инспекторский сифонно-чашечный (96).	
Ошибки, возможные при изменении атмосферного давления ртутными барометрами, и введение поправок	100
Зависимость показаний барометра от температуры и приведение показаний барометра к нормальной температуре (100). Влияние ускорения силы тяжести и приведение показаний барометра к нормальному ускорению силы тяжести (102). Инструментальная поправка (104). Ошибка в измерении при наклоне барометра (105). Влияние воздуха, оставшегося в барометрической трубке (105). Влияние пара ртути, находящегося в барометрической трубке (106). Влияние капиллярного давления поверхности ртути в барометрической трубке (106). Вычисление результатов измерений по барометрам (107).	
Анероиды	107
Барометр-анероид (109).	
Гипсотермометр	114
Барографы	118
<b>Глава 4. Измерение влажности воздуха</b>	122
Величины, характеризующие влажность воздуха	122
Психрометрический метод. Психометры	123
Стационарный психрометр (126). Психрометр аспирационный (131). Аспирационный психрометр с электромотором (135).	
Гигрометры	136
Волосной гигрометр (МВ-1) (136). Гигрометр пленочный М-39 (139)	
Регистрация влажности воздуха. Гигрографы	142
Гигрограф М-32 (144).	
Электролитический гигрометр с подогревом	145
Кулонометрические гигрометры	147
Диффузионный амперометрический гигрометр (148).	
<b>Глава 5. Измерение осадков</b>	150
Виды осадков. Осадкомеры и дождемеры	150
Осадкомер (151). Полевой дождемер (154). Суммарные осадкомеры (155).	
Снегомерные наблюдения	156
Измерение плотности снега	161
Походный весовой снегомер (161).	
Измерение запасов воды в снежном покрове с помощью радиоактивных изотопов	163



✓ Походный радиоактивный снегомер (М-31) (165).	166
Самописы для регистрации осадков . . . . .	166
Плювиограф (П-2) (167).	
Измерение интенсивности гололедных образований, изморози и осажде- ний мокрого снега на проводах . . . . .	172
Гололедный станок (172).	
Наблюдения за росой . . . . .	174
 Г л а в а 6. Измерение испарения . . . . .	178
Испаромер ГГИ-3000 . . . . .	178
Почвенный испаритель ГГИ-500 . . . . .	183
 Г л а в а 7. Измерение лучистой энергии (актинометрия). Измерение содержания озона . . . . .	187
Виды лучистой энергии и приборы для ее измерения . . . . .	187
Методы измерения интенсивности радиации . . . . .	189
✓ Измерение прямой солнечной радиации . . . . .	189
Компенсационный пиргелиометр Онгстрема (190). Термоэлектриче- ский актинометр АТ-50 (193).	
✓ Измерение рассеянной и суммарной радиации . . . . .	196
Термоэлектрический пиранометр ПЗ×3 (196). Альбедометры (198).	
✓ Универсальный пиранометр М-80 (199). Походный альбедометр (199).	
✓ Измерение баланса радиации . . . . .	202
Регистрация измерений . . . . .	206
Милливольтметр самопишущий щитовой пирометрический шести- записный типа МСППр-0618 (206). Гелиостат (206). Теневое кольцо (207). Интегратор Х603 (208). Гелиограф (209).	
✓ Измерение содержания озона в атмосфере . . . . .	212
✓ Универсальный озонметр М-83 (212).	
 Г л а в а 8. Измерение элементов ветра . . . . .	220
Элементы ветра и приборы для их измерения . . . . .	220
Флюгарка (221). Ветровой конус (222). Колесо Салейрона (222).	
Приборы для определения скорости и направления ветра . . . . .	224
Станционный флюгер (флюгер Вильда) . . . . .	225
✓ Анемометры, анеморумбометры и анеморумбографы . . . . .	232
Анемометры (232). Анемометр ручной чашечный со счетным меха- низмом (233). Анемометр ручной индукционный (АРИ-49) (235).	
✓ Анемометры чашечные, контактные (238). Контактный анемометр М-25 (238). Анемометр М-92 (242). Анеморумбометр электрический (АРМЭ) (245). Анеморумбометр М-47 (248). Станционный электро- механический самописец ветра (М-12) (253). Анеморумбометр М-63 (263). Анеморумбограф М-64 (273). Анемометр сигнальный (М-95) (283).	
 Г л а в а 9. Измерение высоты нижней границы облаков . . . . .	287
Определение высоты нижней границы облаков с помощью шаров- пилотов (287). Определение высоты облаков с помощью прожек- торной установки (288). Измеритель высоты нижней границы обла- ков (ИВО) (291).	

Глава 10. Измерение метеорологической дальности видимости . . .	303
Общие понятия о дальности видимости . . . . .	303
Визуальные методы определения метеорологической дальности видимости . . . . .	305
Наблюдения над метеорологической дальностью видимости днем (305). Визуальные наблюдения метеорологической дальности видимости в темное время суток (307).	
Инструментальные методы определения метеорологической дальности видимости . . . . .	310
✓ Поляризационный измеритель видимости М-53А (311). Измеритель дальности видимости ИДВ (329). Установка для определения и регистрации прозрачности атмосферы в светлое и темное время суток (М-37) (332). Регистратор дальности видимости (РДВ-1) ✓ (339).	
 Глава 11. Измерение радиоактивности атмосферного воздуха и воды . . . . .	 350
Радиоактивность и свойства радиоактивных излучений . . . . .	350
Радиоактивность (351). Радиоактивные излучения (351).	
Методы отбора проб, аэрозолей, выпадений почвы и воды . . . . .	353
Пробы аэрозолей . . . . .	353
Отбор проб для определения концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы (353). Расчет площади фильтра (354). Измерение количества протянутого воздуха (355). Выбор места для размещения ФВУ (357). Вертикальный планшет (358).	
Пробы радиоактивных выпадений . . . . .	359
Горизонтальный планшет (359). Планшет с бортиками (360). Сборник месячных выпадений (362).	
Пробы воды . . . . .	363
Измерение радиоактивного загрязнения поверхности почвы и снежного покрова . . . . .	365
Определение суммарной $\beta$ -радиоактивности (368).	
 Глава 12. Дистанционные и автоматические метеорологические установки . . . . .	 372
Дистанционные метеорологические станции . . . . .	372
Дистанционная метеорологическая станция ДМС-Н-53 (372). Дистанционная метеорологическая станция М-49 (379). Судовая дистанционная гидрометеорологическая ГМС-6 (382).	
Автоматические гидрометеорологические станции . . . . .	387
Автоматическая радиометеорологическая станция наземная АРМС-Н (М-36). (388). Автоматический радиовеетромер (АРИВ) (414). Автоматический радиоосадкомер АРО (М-4) (423). Дрейфующая автоматическая радиометеорологическая станция (ДАРМС) (428).	
Новые автоматические станции . . . . .	439
Литература . . . . .	442

## Приложения

1. Среднее местное время в истинный полдень . . . . .	444
---	-----

462

2. Карта часовых поясов территории СССР . . . . .	445
3. Упругость пара, насыщающего пространство над плоской поверхностью чистой воды, переохлажденной воды и чистого льда . . . . .	446
4. Точные присвоенные значения температуры первичных постоянных точек . . . . .	448
5. Значение коэффициента $R$ для обработки результатов наблюдений методом гашения . . . . .	449
6. Значение коэффициента $C$ для обработки результатов наблюдений методом фотометрического сравнения . . . . .	450
7. Значение коэффициента $E$ для обработки результатов наблюдений методом фотометрического сравнения . . . . .	451
8. Относительная дальность видимости $V$ при наблюдении методом фотометрического сравнения при комплексном способе . . . . .	452
9. Относительная дальность видимости $V$ при наблюдениях методом относительной яркости при комплексном способе . . . . .	453
10. Значения дальности видимости $S_m$ в зависимости от $N_{ок}$ . . . . .	455
11. Таблица поправок на яркость неба . . . . .	456
12. Значение коэффициента $Q$ для обработки результатов наблюдений методом гашения . . . . .	458

*Стернзат Моисей Семенович*

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРИБОРЫ И НАБЛЮДЕНИЯ

Отв. редактор *Н. А. Петров*

Редактор *Л. Л. Бельская*

Переплет художника *А. А. Винера*

Техн. редактор *Г. С. Николаева*

Корректоры: *Б. А. Минц* и *К. И. Розина*

---

Сдано в набор 27/VI 1967 г. Подписано к печати 18/I 1968 г.  
Бумага № 1 60×90<sup>1/16</sup> Бум. л. 14,5+2 вкл. Печ. л. 29,5  
Уч.-изд. л. 29,37 Тираж 10 000 экз. М-21718 Индекс МЛ-4  
Гидрометеорологическое издательство. Ленинград. В-53.  
2-я линия, д. № 23.  
Заказ № 399 Цена 1 руб. 17 коп.

---

Ленинградская типография № 8 Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР  
Ленинград, Прачечный пер., 6