

Радиозонд системы профессора П. А. Молчанова

Б. Кривицкий, М. Максимов

Двадцать три года тому назад, 30 января 1930 г., впервые в мире в г. Павловске под Ленинградом поднялся в воздух радиозонд, изобретенный советским метеорологом проф. П. А. Молчановым.

Радиозонд — наиболее простой и удобный прибор для получения данных о состоянии атмосферы на различных высотах. Он представляет собой небольшой наполненный водородом воздушный шар с подъемной силой около 2 кг. К нему подвешивается гондола, в которой размещаются одноламповый радиопередатчик, измерители (датчики) температуры, давления и влажности воздуха, а также коммутаторы.

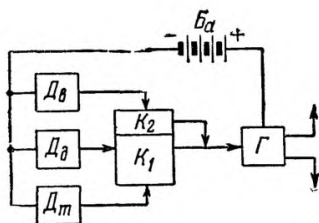


Рис. 1. Блок-схема радиозонда проф. П. А. Молчанова

сти, с различными интервалами между ними. Ось коммутаторов в полете приводится во вращение с помощью ветрянки.

В аэрологической лаборатории производится прием сигналов радиозонда. Затем по их характеру определяют температуру, давление и влажность тех слоев атмосферы, через которые проходит радиозонд.

С помощью радиозонда можно с достаточно высокой точностью определять температуру в пределах от $+40^\circ$ до -60° С, давление от 30 до 700 мм ртутного столба и влажность до 100%. Применение его облегчает задачу предсказания погоды, что имеет важнейшее значение для нашего народного хозяйства.

Блок-схема радиозонда изображена на рис. 1, а его принципиальная схема — на рис. 2. Генератор колебаний высокой частоты G возбуждается только в том случае, если цепь анодной батареи замыкается через контакты одного из датчиков давления (D_A), влажности (D_B) или температуры (D_T) и контакты коммутаторов K_1 и K_2 .

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ О ТЕМПЕРАТУРЕ

Чувствительным элементом датчика температуры является пластина T (рис. 2), состоящая из двух металлических полосок с различными температурными коэффициентами. При изменении температуры пластина изгибается, заставляя перемещаться связанный с ней шарнирный передатчик указатель $УТ$ по металлическим зубцам гребенок G_1, G_2, G_3, G_4 , расположенным так, что указатель последовательно

переходит с зубца одной гребенки на зубец другой (рис. 3). Гребенки изолированы друг от друга и от корпуса датчика. Каждая из них соединена с одной из пластин $ПТ_1, ПТ_2, ПТ_3, ПТ_4$ коммутатора K_1 (рис. 2).

Против каждой пластины на оси коммутатора находятся контактные звездочки $З_1, З_2, З_3$ и $З_4$; число лучей каждой звездочки равно номеру расположенной рядом с ней пластины. При вращении коммутатора звездочки касаются пластин, соединяя минус анодной батареи B_A через зубцы гребенок G_1, G_2, G_3 или G_4 , стрелку указателя $УТ$, пластину датчика T и корпус прибора с катодом лампы L генератора $ВЧ$. За один оборот коммутатора звездочка $З_1$ коснется пластины $ПТ_1$ один раз, звездочка $З_2$ — пластины $ПТ_2$ два раза, $З_3$ — пластины $ПТ_3$ три раза и т. д.

Радиопередатчик излучает импульсы только в моменты соприкосновения какой-либо звездочки коммутатора с пластиной, соединенной с соответствующей гребенкой, на зубце которой стоит указатель $УТ$. Поэтому, если указатель $УТ$ прикасается, например, к зубцу гребенки G_1 , цепь питания генератора радиопередатчика замыкается звездочкой $З_1$ один раз за время одного оборота оси коммутатора, и за это время излучается один импульс; если же указатель находится на зубце гребенки G_2 , за время одного оборота оси коммутатора излучаются два импульса и т. д.

При изменении температуры перемещение указателя $УТ$ с зубца одной гребенки на зубец другой

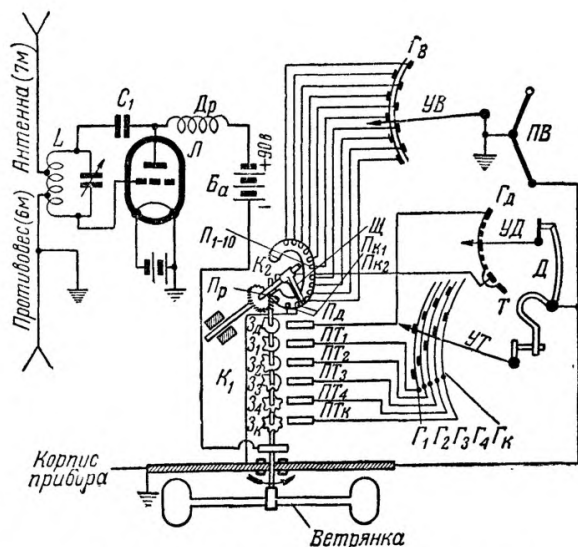


Рис. 2. Принципиальная схема радиозонда системы проф. П. А. Молчанова

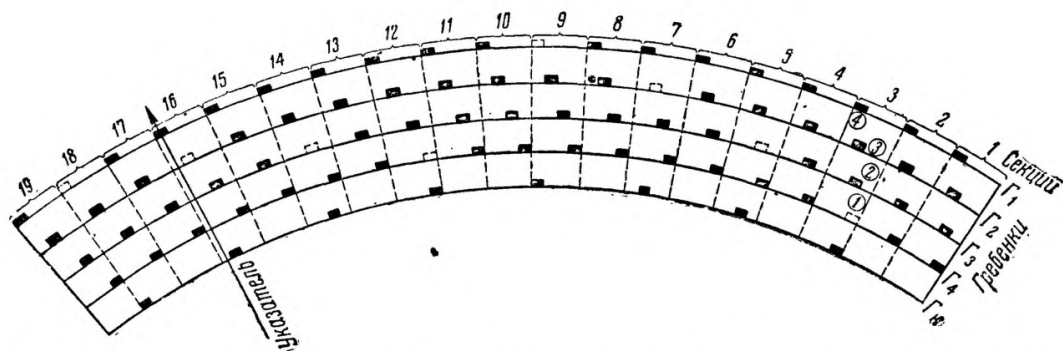


Рис. 3. Расположение зубцов на гребенках датчика температуры (замещенные зубцы показаны пунктиром)

вызывает изменение периодичности посылок сигналов радиопередатчиком. Непрерывно наблюдая за сигналами, по количеству импульсов за один оборот коммутатора можно установить момент перехода указателя УТ с зубца на зубец. Чтобы знать, на каком зубце гребенок находится указатель, нужно заметить его положение при выпуске радиозонда. Так как каждому положению указателя соответствует определенная температура, то, наблюдая за изменением периодичности сигналов, можно определить температуру воздуха.

Для того чтобы температуру можно было определять и в случае некоторого перерыва в приеме сигналов радиозонда, на оси коммутатора имеется контрольная звездочка $З_к$ с семью лучами, занимающими сектор 288° , и замыкающаяся с ними контактная пластина $ПТ_к$. Последняя соединена с контрольной гребенкой $Г_к$ датчика температуры. Зубцы гребенок датчика температуры группируются в 19 секций (рис. 3), в каждую из которых входят четыре зубца, расположенных на различных гребенках, причем первый справа зубец контрольной гребенки замещает в третьей секции первый (правый) зубец четвертой гребенки, а следующие зубцы контрольной гребенки соответственно замещают: второй (справа) зубец пятой секции, третий зубец седьмой секции и т. д. Начиная с 12-й секции порядок замещения повторяется. Такая комбинация зубцов позволяет оператору, принимающему сигналы радиозонда, определять номер гребенки и зубца, на котором находится указатель УТ. Пусть, например, после некоторого перерыва в приеме сигналов оператор услышал сначала одну точку, после нее семь точек и затем еще три точки. Ему известно, что одиночный короткий сигнал (точка) за один оборот оси коммутатора излучается передатчиком радиозонда, когда указатель УТ находится на одном из зубцов гребенки $Г_1$ и звездочка $З_1$ замыкает цепь пластины $ПТ_1$. Если же цепь замкнута через пластину $ПТ_2$ и указатель УТ находится на одном из зубцов гребенки $Г_2$, то за время одного оборота оси коммутатора будет принято два коротких сигнала. Соответственно при замыкании цепей через пластины $ПТ_3$, $ПТ_4$, $ПТ_к$ и расположении указателя УТ на зубцах гребенок $Г_3$, $Г_4$ и $Г_к$ оператор услышит сигналы, состоящие из трех, четырех и семи точек.

Следовательно, приняв последовательно одну, семь и три точки, оператор может установить, что сначала указатель УТ был расположен на зубце гребенки $Г_1$, затем — гребенки $Г_к$ и, наконец, на зубце гребенки $Г_3$. Такая последовательность групп сигналов может иметь место только при условии, что

во время подъема радиозонда вследствие изменения температуры указатель УТ перешел с секции 2 на секцию 3 или же с секции 11 на секцию 12 (рис. 3). Однако неопределенность в определении температуры исключается, поскольку чувствительность датчика такова, что разность температур, передаваемых через зубцы третьей и двенадцатой секций, составляет около 40° .

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ О ДАВЛЕНИИ

Сигналы, характеризующие величину атмосферного давления, передаются радиозондом проф. Молчанова аналогично. Приемником давления является барометрическая трубка $Д$, связанная шарнирно с указателем УД. При изменении давления эта трубка изгибается и указатель УД перемещается по гребенке $Г_д$, состоящей из металлических зубцов различной ширины: за двумя узкими следует один широкий. Эта гребенка соединена с пластиной $П_д$ коммутатора $К_1$. Расположенная против нее на оси коммутатора звездочка имеет один зубец в виде сектора круга шириной около 72° .

Все «температурные» звездочки расположены так, что их последние лучи (по ходу коммутатора) расположены на одной линии с лучом звездочки $З_к$ (рис. 4). С этой же линией совпадает и начало сектора звездочки давлений $З_д$. Поэтому, когда указатель УТ стоит на зубце, цепь питания передатчика замыкается как через звездочки $З_1$, $З_2$, $З_3$, $З_4$, $З_к$, так и через звездочку $З_д$. Вследствие этого последняя точка группы сигналов превращается в тире.

Если, например, указатель УТ стоит на зубце гребенки $Г_1$, то вместо одной точки будет передано одно тире, если на зубце гребенки $Г_3$, то вместо трех точек — две точки и одно тире. На рис. 5, а показаны сигналы температуры при положении указателя УД между зубцами гребенки $Г_д$, а на рис. 5, б — на зубцах.

Отмечая появление и исчезновение тире в сигналах давления и зная начальное давление, можно определить мо-

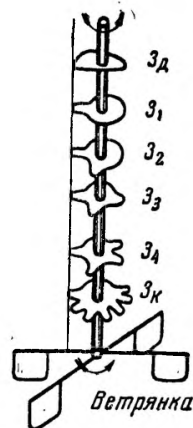


Рис. 4. Взаимное расположение лучей звездочек коммутатора передачи данных о температуре и давлении

мент перехода указателя УД с изолятора на зубец и, следовательно, значение давления, соответствующее этому моменту.

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ О ВЛАЖНОСТИ

Измерителем влажности в радиозонде проф. Молчанова служит пучок обезжиренных человеческих волос ПВ, связанный со стрелкой указателя влажности УВ (рис. 2). При изменении влажности длина этого пучка также изменяется, вследствие чего указатель УВ перемещается по гребенке Г_в, содержащей десять зубцов, изолированных друг от друга и от корпуса. Каждый зубец соединен одним из контактов П₁, П₂... П₁₀ 13-контактного коммутатора влажности К₂. Контакты П_{к1} и П_{к2} этого коммутатора соединены с корпусом прибора и являются контрольными, а контакт П_р соединен с изолированным от других зубцов гребенки Г_д передачи давления. Все контакты коммутатора влажности имеют одинаковый угловой размер¹. Зазор между контактом П_{к2} и контактом П₁, соединенным с первым зубцом гребенки Г_в, равен ширине каждого из этих контактов.

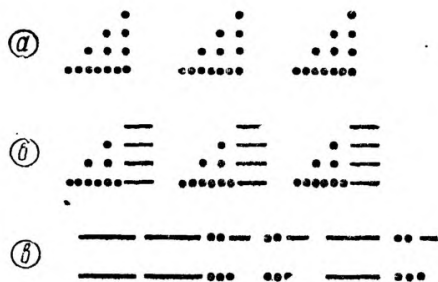


Рис. 5. Сигналы, издаваемые передатчиком радиозонда при различных положениях указателей датчиков давления и влажности: а — указатель УТ датчика температуры находится на зубцах температурной гребенки, а указатель УД датчика давления — между зубцами (сигналы влажности не передаются, так как щетка Щ коммутатора К₂ находится между его контактами); б — то же, но указатель УД находится на зубце; в — примеры полных сигналов радиозонда, содержащих данные о температуре, давлении и влажности. На рис. в масштаб времени взят другой, чем на рис. а и б

По контактам коммутатора К₂ передачи влажности скользит щетка Щ, которая вращается от ветрянки через червячную передачу, замедляющую движение в 20 раз. Когда щетка касается контакта П_{к1}, П_{к2} или какого-либо контакта, соединенного с зубцами гребенки влажности Г_в, цепь анодной батареи замыкается поимено коммутатора К₁ и излучается «импульс влажности». За время одного полного оборота коммутатора К₁ щетка коммутатора влажности К₂ проходит один его контакт; следовательно, длительность одного «сигнала влажности» равна длительности полной серии «температурных сигналов».

При вращении щетка Щ проходит сначала контакты П_{к1} и П_{к2}. В это время в телефонных трубках

¹ На рис. 2 коммутатор К₂ изображен условно. В действительности контакты П₁... П₁₀, П_р, П_{к1} и П_{к2} размещены на контактном кольце равномерно по окружности.

приемника слышны два длинных тире. После этого цепь сигналов влажности разрывается и производится передача сигналов температуры и давления. Как только щетка Щ коснется контакта, соединенного с зубцом гребенки Г_в, на котором находится указатель УВ, посылка сигналов температуры и давления прекратится и вновь будет передаваться сигнал влажности. Таким образом, сначала передаются два длинных сигнала влажности, потом некоторое количество сигналов температуры и давления и снова один длинный сигнал (рис. 5, в).

Количество температурных сигналов между двумя продолжительными сигналами влажности равно, следовательно, номеру зубца гребенки, на котором находится указатель УВ. Это позволяет сразу определить величину влажности, так как гребенка Г_в заранее проградуирована. Если, например, указатель УВ стоит на первом зубце гребенки Г_в (что соответствует 100% влажности), то после двух длинных сигналов будет слышна одна группа сигналов температуры и давления и затем снова длинный сигнал влажности. При положении указателя УВ на втором зубце длинный сигнал влажности будет слышен только после двух температурных и т. д. Далее начнется передача сигналов температуры и давления, пока щетка Щ не вернется на пластину П_{к1}. Так как зубец гребенки давления, к которому присоединен контакт П_р, находится между 9-м и 10-м зубцами этой гребенки и изолирован от них, до сигнала, передаваемого с помощью 9-го зубца, будут слышны два продолжительных контрольных сигнала для влажности. В момент прохождения 9-го зубца им будет предшествовать один длинный контрольный сигнал давления. Начиная с 10-го зубца гребенки Г_д снова пойдут только два контрольных сигнала для влажности. Такая смена контрольных сигналов облегчает определение давления.

* *

В 1946 г. в Советском Союзе был предложен радиозонд без передатчика². Такой радиозонд работает в сочетании с радиолокационной станцией. Он несет на себе четыре взаимно перпендикулярных проводника; длина каждого из них равна примерно одной четверти рабочей длины волны радиолокационной станции. Эти проводники могут замыкаться попарно через контакты реле.

При замыкании контактов реле образуется система двух полуволновых вибраторов, которые «отражают» импульсы радиолокатора гораздо сильнее, чем четвертьволновые проводники. Поэтому при замкнутых контактах реле приемник радиолокационной станции принимает отраженные импульсы большей амплитуды. Если контакты разомкнуты, то интенсивность отраженных сигналов резко падает и сигнал на выходе приемника радиолокационной станции практически отсутствует.

Цепь реле замыкается через коммутаторы такого радиозонда точно так же, как цепь анодной батареи обычного радиозонда.

Специальная приставка к радиолокатору позволяет преобразовать кратковременные отраженные импульсы в сигналы, подобные сигналам обычного радиозонда, и производить их запись.

С помощью радиолокатора легко определяется высота подъема радиозонда. Сопоставляя запись сигналов с данными о высоте зонда, можно составить график изменения температуры, влажности и давления по высоте.

² В. В. Костарев. Радиозонд без передатчика. «Метеорология и гидрология» № 2, 1946 г.