

УДК 621.391

В. И. АЛЕХИН, канд. техн. наук, *О. В. ДРЯМОВ*, *А. И. КЛЮШИН*,
И. В. КОРЫТЦЕВ, канд. техн. наук, *Г. И. СИДОРОВ*, канд. техн. наук

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМЫ РАДИОАКУСТИЧЕСКОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ. СООБЩЕНИЕ 2. ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Система радиоакустического зондирования атмосферы (РАЗ) предназначена для измерения температуры и трех составляющих скорости ветра, поэтому для определения указанных метеопараметров необходимо произвести зондирование по четырем направлениям. Одно направление зондирования выбрано вертикальным, совпадающим с осью конуса зондирования и осью Z , три других являются образующими конуса. Их проекции в горизонтальной плоскости совмещены с осями X , Y . Используя результаты работы [1], для данного случая получаем систему уравнений, связывающих метеопараметры с доплеровской частотой отраженного сигнала:

$$V_X = (2F_{A2} - F_{A1} - F_{A3}) \frac{\lambda}{4 \cos \varphi}; \quad V_Y = (F_{A3} - F_{A1}) \frac{\lambda}{4 \cos \varphi};$$

$$V_z = (2F_{д4} - F_{д1} - F_{д3}) \frac{\lambda}{4(1 - \sin \varphi)}; \quad (1)$$

$$T = a^{-2} \left[(F_{д1} + F_{д3} - F_{д4} \sin \varphi) \frac{\lambda}{4(1 - \sin \varphi)} \right]^2$$

Здесь V_x , V_y , V_z — проекции вектора скорости ветра в декартовой системе координат; T — температура воздуха, К; $F_{дi}$ — усредненная по M зондированиям доплеровская частота для i -го направления; φ — угол между направлением зондирования и его проекцией на горизонтальную плоскость; λ — длина электромагнитной волны излучаемого сигнала; a — коэффициент.

Для варианта облучения пространства метеопараметры вычисляются в соответствии с алгоритмом, представленным на рисунке. Активным источником информационного слова служит блок сопряжения Периодомер ЭВМ (БС П ЭВМ), на вход которого поступают данные периода доплеровского сигнала, представленные в коде ВСД (двоично-десятичном). Так как операции проводятся в микроЭВМ над числами в двоичном коде, в алгоритме предусмотрено преобразование ВСД кода в двоичный код. БС П ЭВМ сам инициирует акт обмена информацией на магистрали, поэтому перед каждой передачей микроЭВМ переводится в режим ожидания прерывания от внешнего устройства.

Первым шагом алгоритма является обнуление рабочего массива доплеровских частот ДОП. Поскольку в каждом направлении производится M зондирований и измеряется доплеровская частота для каждой из k площадок по трассе зондирования, операторами 3, 4, 5 устанавливаются счетчики направления зондирования, числа зондирований и числа площадок.

В цикле по индексу k , который предоставлен операторами 5—12, осуществляются перевод микроЭВМ в режим ожидания прерывания от БС П ЭВМ, прием числа с буферного регистра блока сопряжения, преобразование кода принятого 32-разрядного числа в двоичный и суммирование значений периода доплеровского сигнала для i -й площадки. Эта процедура повторяется M раз, после чего значения периода доплеровского сигнала по M зондированиям для каждой из k площадок усредняются. Период в частоту преобразуется оператором 17.

После установки антенн локатора в следующее направление выполнение программы возобновляется с оператора 4. Как только по всем направлениям доплеровская частота F_d измерена для всех площадок зондирования и данные упорядочены в памяти, микроЭВМ начинает расчет значений метеовеличин по формулам (1). Кроме четырех перечисленных параметров, в программе вычисляется модуль скорости ветра в горизонтальной плоскости, а также дирекционный угол, который показывает направление ветрового потока в полярной системе координат.

нат. Полярная система привязывается к направлению на север. Дирекционный угол $\alpha_{дир}$ и модуль скорости ветра $|V_T|$ характеризуют ветровую обстановку в районе взлетно-посадочной полосы.

Просчитанные для каждой площадки метеовеличины представляют собой ветровой и температурный профили по высоте. Эти данные через блок сопряжения выводятся на цифрпечата-

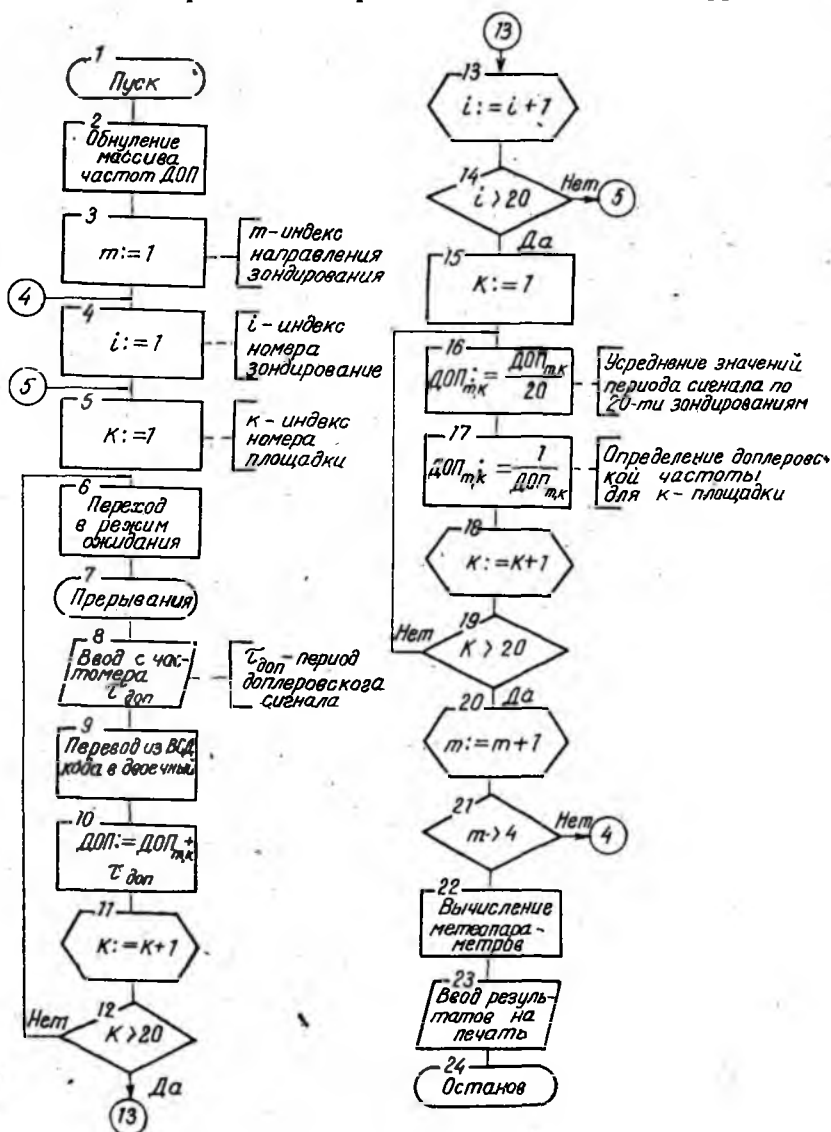


Рис. 1

ющее устройство МПУ-16. Предусмотрен также вывод информации на электрическую пишущую машинку «Консул-260». Программа, реализующая вычисления согласно представленному алгоритму, написана на языке ассемблера БАСС микроЭВМ «Электроника НЦ-ОЗТ» и занимает 2 тыс. ячеек памяти. Вычислительный процесс осуществляется под управлением операционной системы «ПОС-01» с использованием в её составе библиотеки стандартных программ (БСП).

Работа ВК, входящего в состав системы радиоакустического зондирования атмосферы, происходит в реальном масштабе времени. ВК должен принимать, обрабатывать и выдавать информацию в том темпе, который диктуется работой остальных элементов системы (периодомера, электродвигателей установки платформы локатора и др.). В связи с этим установим затраты времени, необходимые для реализации алгоритма работы ВК. Расчет ведется с использованием данных, полученных в результате выполнения отдельными блоками реальной программы.

Определение временных затрат начнем с внутреннего цикла (индекс k). Время на выполнение цикла по k оценивается по формуле

$$t_k = t_{p.n} + 4t_n + t_{BCD-2} + 3t_{сл.к}, \quad (2)$$

где $t_{p.n}$ — время реакции на прерывание; t_n — время пересылки слов; $t_{сл.к}$ — время на сложение коротких слов; t_{BCD} — время на преобразование кодов.

Значение t_k должно удовлетворять условию $t_k \leq \Delta_k$ (3). Здесь Δ_k — интервал поступления информации, который определяется работой остальных элементов системы РАЗ и составляет $88 \cdot 10^{-3}$ с. Затраты времени на выполнение отдельных операций микроЭВМ «Электроника НЦ-ОЗТ» рассчитаны [2]. Время преобразования кодов установлено в процессе отладки блока: $5 \cdot 10^{-3}$ с.

Подставляя в выражение (2) значения слагаемых, получаем $t_k = 5,04 \cdot 10^{-3}$ с, что удовлетворяет условию (3). Зададимся значениями $k=20$, $M=20$, $i=4$. Для цикла по индексу M время можно определить из соотношения

$$t_M = k\Delta_k + 60t_n + 2t_{дел.п.э}, \quad (4)$$

где $t_{дел.п.э}$ — время на деление чисел с плавающей запятой. В результате расчета получим $t_M = 1,77$ с. Цикл по i предназначен для формирования рабочего массива доплеровских частот по одному из направлений. Время на его выполнение

$$t_i = Mt_M + 2t_n + t_{сп.к} + t_{ор}. \quad (5)$$

В этой формуле $t_{ор}$ — время на ориентацию антенн локатора, $t_{ор} \approx 20$ с. После вычисления получаем t_i , равное 58,4 с.

Весь цикл работы ВК системы РАЗ оценивается по формуле

$$t_{полн} = [4t_i - t_{ор} + k(t_{мет. пар} + t_{пч})]. \quad (6)$$

Здесь $t_{\text{мет. пар}}$ — время на вычисление метеопараметров; $t_{\text{пч}}$ — время печати получения данных.

Время $t_{\text{мет. пар}}$ установлено экспериментально и составляет порядка $200 \cdot 10^{-3}$ с. Время $t_{\text{пч}}$ определяется скоростью печатающего устройства и равно 2,3 с. Тогда $t_{\text{полн}} = 248,6 \text{ с} \approx 4 \text{ мин.}$

Результаты показывают, что спроектированный вычислительный комплекс по быстрдействию удовлетворяет требованиям аэродромных метеослужб.

Список литературы: 1. *Определение температуры, скорости и направления ветра в приземном слое атмосферы методом радиоакустического зондирования*/С. И. Бабкин, Г. Н. Милосердова, М. Ю. Орлов и др.//Метеорология и гидрология. 1980. № 8. С. 36—45. 2. *МикроЭВМ «Электроника НЦ ОЗТ»*. Техн. описание. Х., 1978. Кн. 3. 127 с. (Ротапринт/АН УССР. Ин-т радиоэлектроники).

Поступила в редколлегию 03.07.84.