

Система управления метеорологическим комплексом дистанционного зондирования атмосферы

Д. М. Ваврив, В. В. Виноградов, С. А. Разбейко

*Радиоастрономический институт НАН Украины,
Украина, 61002, г. Харьков, ул. Краснознаменная, 4*

Статья поступила в редакцию 29 марта 2001 г.

Разработана система управления метеорологическим комплексом миллиметрового диапазона длин волн, предназначенным для дистанционного зондирования атмосферы. Комплекс может включать в себя как один, так и целую сеть локаторов. Рассмотрены особенности построения алгоритмов программ обработки данных, а также способов передачи радиолокационных данных пользователям.

Розроблено систему управління метеорологічним комплексом міліметрового діапазону довжин хвиль, який призначений для дистанційного зондування атмосфери. Комплекс може мати в своєму складі як один, так і цілу мережу локаторів. Розглянуто особливості побудови алгоритмів програм обробки даних, а також способи передачі радіолокаційних даних користувачам.

1. Введение

В настоящее время интенсивно развиваются системы дистанционного зондирования (ДЗ) атмосферы миллиметрового диапазона радиоволн. Это вызвано тем, что в дополнение к другим методам зондирования такие системы дают возможность получать более полную и подробную информацию о физических процессах, происходящих в атмосфере, включая детальную информацию о микроскопических и макроскопических характеристиках облаков. Эти сведения необходимы как для метеорологов, так и для специалистов, занимающихся различными аспектами изучения атмосферы Земли (задачи климатического мониторинга, моделирование атмосферных процессов и др.). Поэтому возникает потребность передавать информацию от систем ДЗ на значительные расстояния. Специфика работы метеорологов и климатологов подразумевает оперативный сбор информации с различных систем зондирования, находящихся на значитель-

ном удалении друг от друга. В последнем случае требуется интеграция систем ДЗ в метеорологические комплексы, для которых своевременное получение информации от подсистем является необходимым условием нормального функционирования.

Решение вышеуказанных задач стало возможным благодаря развитию средств вычислительной техники и телекоммуникационных технологий в глобальных вычислительных сетях.

В статье рассмотрены основные принципы построения системы управления и алгоритмов функционирования радиолокационного комплекса дистанционного зондирования атмосферы, работающего в миллиметровом диапазоне длин волн и включающего средства интеграции в метеорологический комплекс.

Данная разработка внедрена в радиолокационном комплексе 8-мм диапазона длин волн, который был разработан в РИ НАН Украины для метеорологического института Макса Планка (Германия).

2. Постановка задачи

Рассмотрим задачи, которые необходимо решить для интеграции радиометрической системы ДЗ в метеорологический комплекс. Для этого будем исходить из специфических особенностей информации в этой системе:

1) входные данные должны быть оцифрованы с высокой частотой дискретизации (50 МГц и выше) и высокой разрядностью (12 бит и выше);

2) для последующего анализа и передачи поступающей информации необходима предварительная обработка входных данных;

3) поток необработанных входных данных составляет не менее 50 Мб в секунду;

4) система должна обладать достаточной гибкостью для адаптивного изменения алгоритмов обработки сигналов и режимов работы локаторов;

5) передача и обработка данных должна осуществляться в реальном масштабе времени (РМВ);

6) набор данных, необходимых каждому конкретному пользователю, может изменяться;

7) пользователь должен иметь в своем распоряжении средства визуализации, регистрации и анализа поступающих данных.

Следует также отметить, что при создании комплекса необходимо минимизировать затраты на контроль и обслуживание его подсистем, а это осуществимо главным образом путем создания единого центра контроля и возможности перевода систем в автономный режим работы.

3. Основные компоненты системы

Перейдем к определению основных компонентов системы, исходя из требований, предъявляемых к обработке данных, и вышеперечисленных особенностей обрабатываемой информации (табл. 1).

Таблица 1. Основные компоненты подсистемы ДЗ

№ п/п	Компонент	Назначение
1	Доплеровский метеорологический локатор (МРЛ) миллиметрового диапазона	Проведение радиолокационных измерений
2	Контроллер МРЛ	Контроль и управление МРЛ через сервер или (и) встроенный пульт
3	Устройство сопряжения (УС) локатора с персональным компьютером (ПК)	Преобразование входной информации к цифровой форме, генерация сигнала синхронизации для передатчика
4	Устройство предварительной обработки данных	Программное улучшение потенциала локатора за счет когерентного и некогерентного накопления
5	Сервер приложений	Передача данных клиентам
6	Глобальная вычислительная сеть (ГВС)	Среда передачи данных
7	Клиентские компьютеры	Визуализация, регистрация и анализ поступающих данных

Рассмотрим указанные в таблице компоненты. Метеорологический локатор (МРЛ) является базовым устройством разрабатываемой системы. Концепции, используемые при его создании, аналогичны представленным в [1]. Измерительные характеристики локатора приведены в табл. 2.

Контроллер МРЛ представляет собой главный управляющий элемент локатора и должен поддерживать некоторый протокол связи с компьютером, через который планируется осуществлять управление. Следует отметить, что расстояние между локатором и компьютером может составлять несколько десятков

Таблица 2. Измерительные характеристики МРЛ

№ п/п	Параметр	Значение
1	Минимальная высота	200 м
2	Максимальная высота	15 км
3	Разрешение по высоте	15, 30, 45, 60 м
4	Разрешение по доплеровским скоростям	0.05 м/с
5	Максимальная однозначно определяемая скорость	±15 м/с
6	Число стробируемых высот (максимальное)	500
7	Число импульсов для анализа Фурье	128, 256, 512
8	Минимальное время облучения цели	0.1 с
9	Ширина диаграммы направленности антенны	0.6° × 0.6°
10	Число одновременно стробируемых высот с одновременным сохранением необработанных данных	8
11	Чувствительность на 5 км (время накопления 0.1 с.)	– 41 дБZ

метров. Такому взаимодействию удовлетворяют характеристики последовательного интерфейса RS-232C.

Устройство сопряжения (УС) осуществляет преобразование данных, поступающих с локатора, к пригодной для дальнейшей обработки форме. Величина потока необработанных данных накладывает скоростные ограничения на возможные способы подключения УС. Согласно характеристикам внешних магистралей ПК [2] УС должно

быть ориентировано на магистраль PCI или VLB.

Устройство предварительной обработки повышает чувствительность локатора за счет когерентного и (или) некогерентного накопления сигнала и выполняет вычисление его характеристик. Такая обработка может осуществляться как аппаратурой компьютера, так и УС, оборудованным специализированным процессором. Выбор последнего варианта обусловлен необходимостью об-

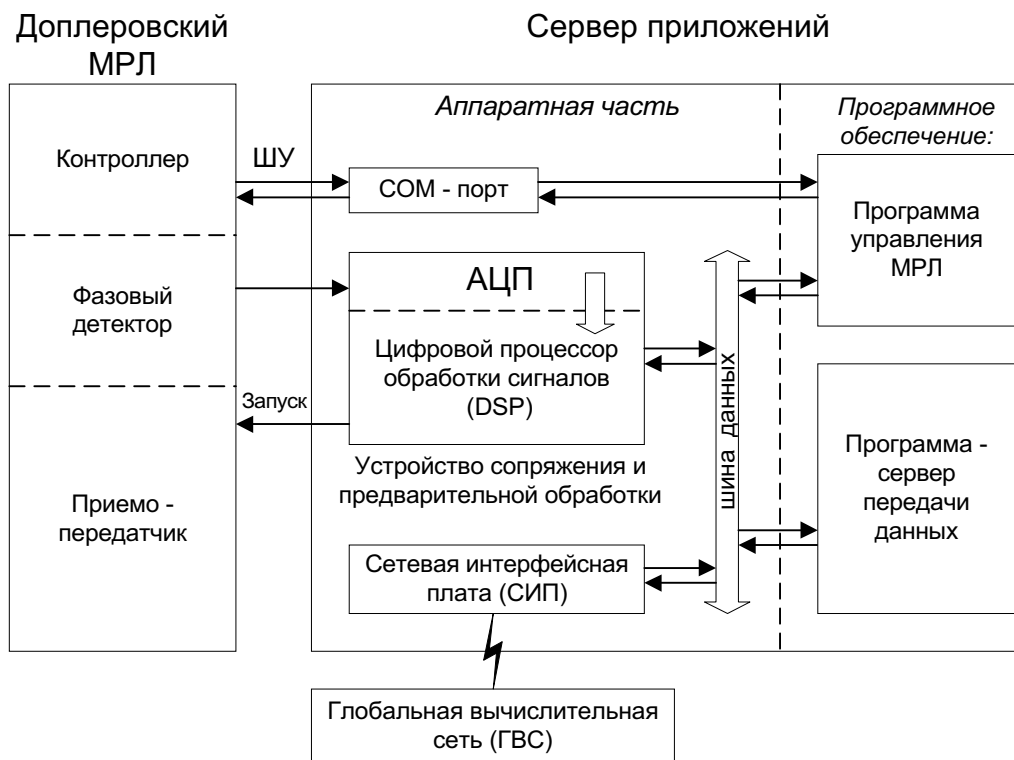


Рис. 1. Аппаратная часть сервера, обеспечивающая интеграцию подсистем ДЗ в метеорологический комплекс

работки данных в РМВ. Программа предварительной обработки работает в режиме монопольного использования ресурсов УС, что при наличии требуемой вычислительной мощности гарантирует работу в РМВ. Кроме того, архитектура спецпроцессора является оптимизированной, а следовательно и более производительной. В качестве устройства сопряжения и предварительной обработки данных применен PCI модуль на базе спецпроцессора TMS320C6701, который имеет в своем составе 2 АЦП разрядностью 12 бит и частотой дискретизации 50 МГц.

Основные функции сервера приложений – формирование и рассылка пакетов данных пользователям. Однако если расширить функции сервера за счет установки в него устройства сопряжения и предварительной обработки, а также использовать его внешний порт для коммуникации с контроллером локатора, то такое решение позволит свести к миниму-

му аппаратные затраты для интеграции подсистемы в комплекс (рис. 1).

Главными требованиями при выборе глобальной вычислительной сети (ГВС) являются доступность и простота коммуникаций. Эти критерии были решающими при выборе сети Интернет.

Визуализация, регистрация и анализ данных должны вестись на уже имеющейся вычислительной базе пользователя, поэтому требования к ресурсам клиентских компьютеров не определяются. Однако в случае нехватки ресурсов пользователю необходимо будет произвести их пополнение.

4. Структурная схема

После анализа основных компонентов системы управления перейдем к построению структурной схемы системы (рис. 2).

Устройство сопряжения генерирует сигнал синхронизации передающему блоку.

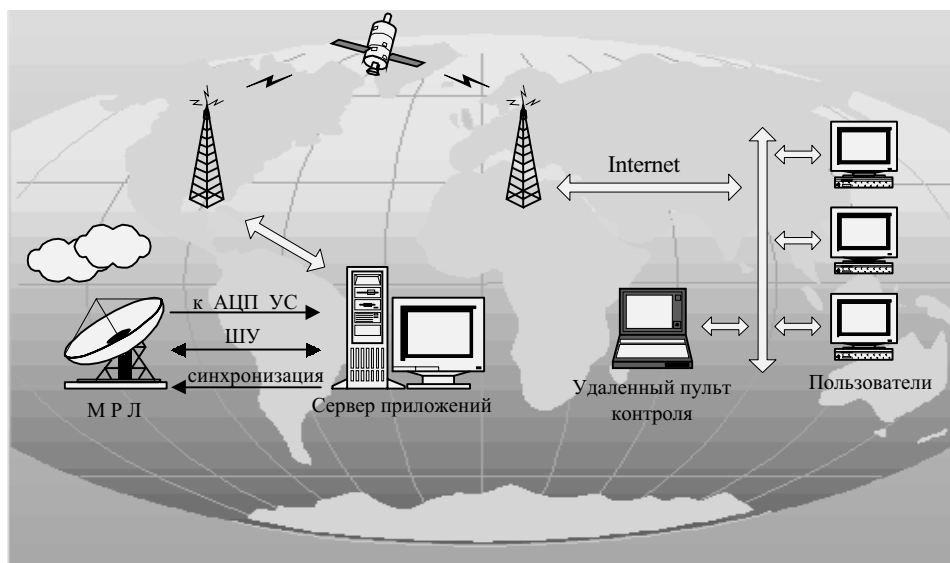


Рис. 2. Структурная схема системы дистанционного зондирования

Отраженный сигнал регистрируется приемником, что приводит к появлению на выходе фазового детектора напряжения, соответствующего разности фаз излученного и принятого сигналов. Это напряжение поступает на АЦП УС, которое с заданной дискретностью формирует строку данных, анализируемую в устройстве предварительной обработки. Обработанные данные под управлением сервер-программы через ГВС поступают к клиентам, а в случае работы системы в составе комплекса и на центр обработки данных. Прием данных осуществляется клиентскими компьютерами, подключенными к ГВС, на которых осуществляется их дальнейший анализ.

Управление локатором возможно с любого компьютера, подключенного к серверу через вычислительную сеть. В таком случае компьютер выполняет функции пульта управления. Если же подсистема работает в составе комплекса, то эти функции закрепляются за центром контроля.

5. Программное обеспечение

Исходя из структурной схемы и аппаратной части сервера, определяются необходимые для работы подсистемы программные единицы (табл. 3).

Перейдем к анализу общих алгоритмов для каждой из программ.

Таблица 3. Программное обеспечение подсистемы ДЗ

№ п/п	Программа	Аппаратная часть
1	Программа предварительной обработки	Устройство сопряжения и предварительной обработки
2	Сервер передачи данных	Сервер приложений
3	Программа визуализации, регистрации и анализа данных	Компьютер пользователя
4	Программа управления МРЛ	Сервер приложений

5.1. Алгоритм программы предварительной обработки представлен на рис.3. После преобразования в АЦП данные поступают в сигнальный процессор, где осуществляется построчное взвешенное суммирование поступивших отсчетов S_i ($i=0, 1, \dots, 1023$) с весовым окном F_n ($n=0, \dots, N$). Вид весового окна задается программно и загружается при стар-

те программы, однако может быть изменен и в процессе работы. После завершения цикла накопления ($n=N$) программа производит усреднение отсчетов, выполняет дополнительные расчеты и передает полученные значения (как правило, это строка усредненных данных S_i и спектры сигнала Spectr_h) сервер-программе передачи данных.

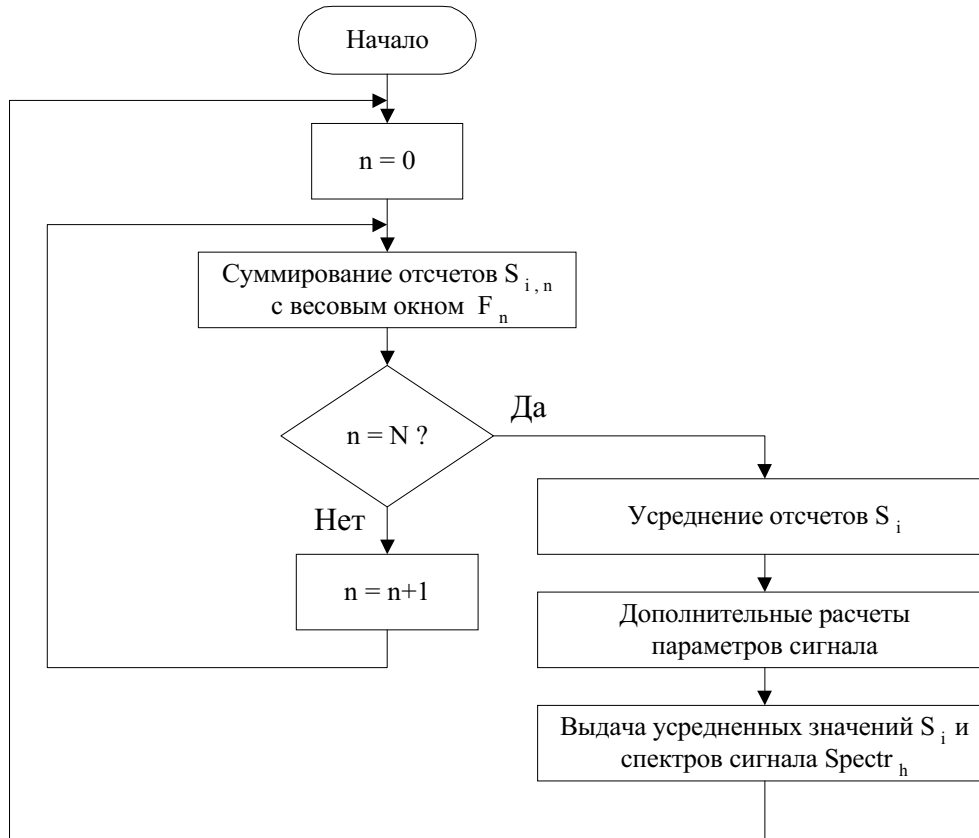


Рис. 3. Алгоритм программы предварительной обработки данных

Отличительной особенностью алгоритма предварительной обработки (так же как и алгоритмов программ передачи данных и управления МРЛ) является отсутствие программного признака окончания. Это вызвано тем, что предполагаемый режим работы подсистемы – автономный, и остановка (запуск) программ осуществляется системным администратором на уровне операционной системы.

5.2. Программа передачи данных осуществляет прием данных от программы предва-

рительной обработки, анализирует состояние МРЛ и выдает пользователям в зависимости от этого состояния соответствующие пакеты данных (рис. 4).

Данные рассылаются по списку получателей, который находится в процессе постоянной корректировки. Если обнаружен запрос на данные, то в этот список добавляется адрес нового получателя и перечень пересылаемых ему данных. Если установленное соединение отключается (по инициативе получателя или по ка-

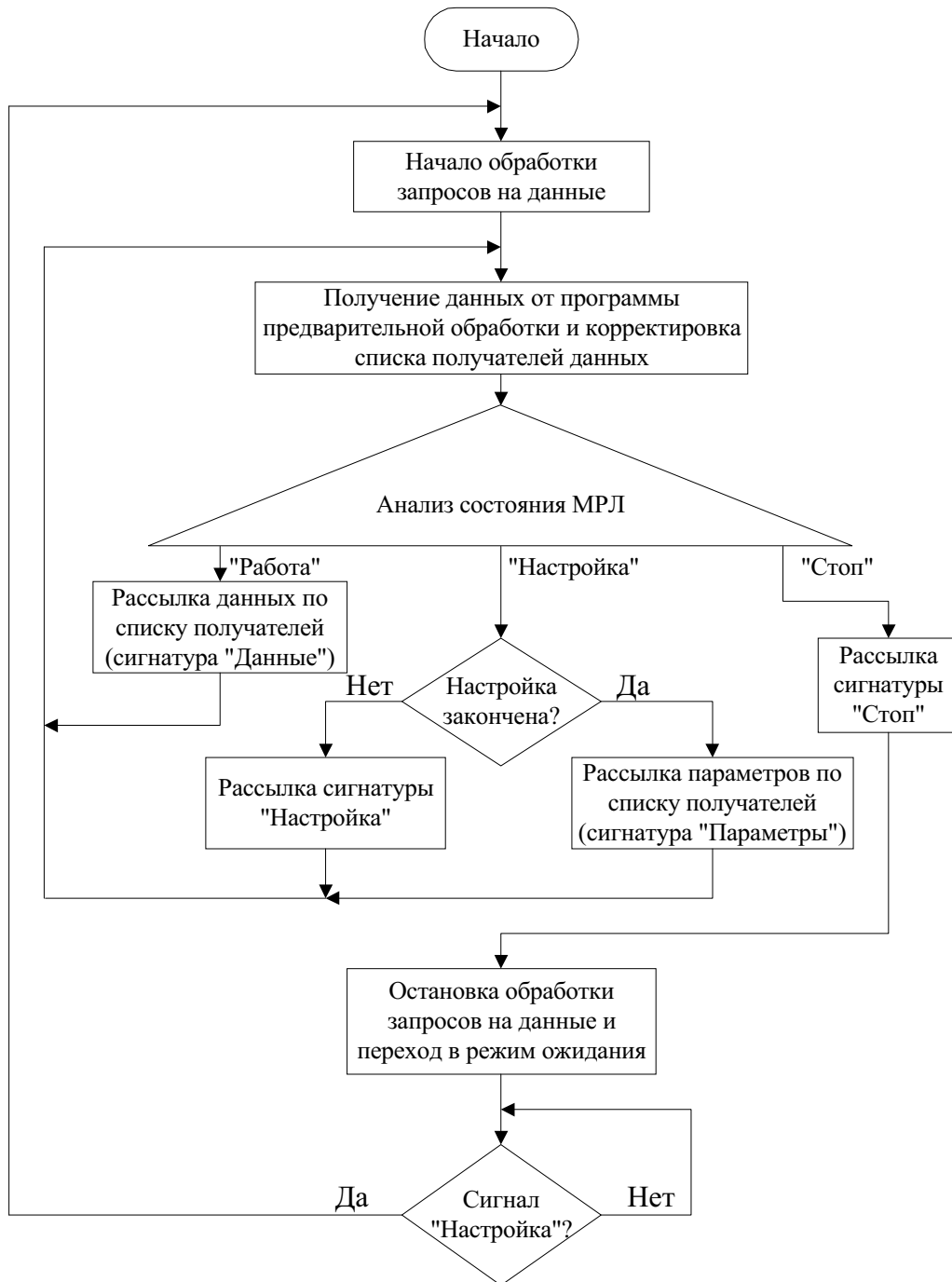


Рис. 4. Алгоритм сервер-программы передачи данных

кой-либо другой причине), то адрес удаляется из списка. При добавлении адреса в список учитывается привилегия доступа пользователя. В случае работы системы в составе комплекса наивысшей привилегией обладает центр обра-

ботки данных, средняя привилегия предназначена для зарегистрированных клиентов, наименьшая – для всех остальных пользователей.

В зависимости от состояния МРЛ по списку получателей рассылаются пакеты с опре-

деленной сигнатурой и содержанием. При настройке локатора пользователям рассылаются соответствующие уведомления и пересылка данных прекращается. Возобновление передачи данных происходит автоматически после окончания настройки локатора и передачи новых параметров его настройки. В случае отключения локатора происходит остановка обработки запросов и программа перехо-

дит в ждущий режим. Ждущий режим продолжается до перевода локатора в рабочее состояние, после чего происходит возобновление обработки запросов.

5.3. Программа визуализации, регистрации и анализа данных предоставляет для пользователя интерфейс, осуществляет регистрацию данных, их окончательную обработку и визуализацию (рис. 5).

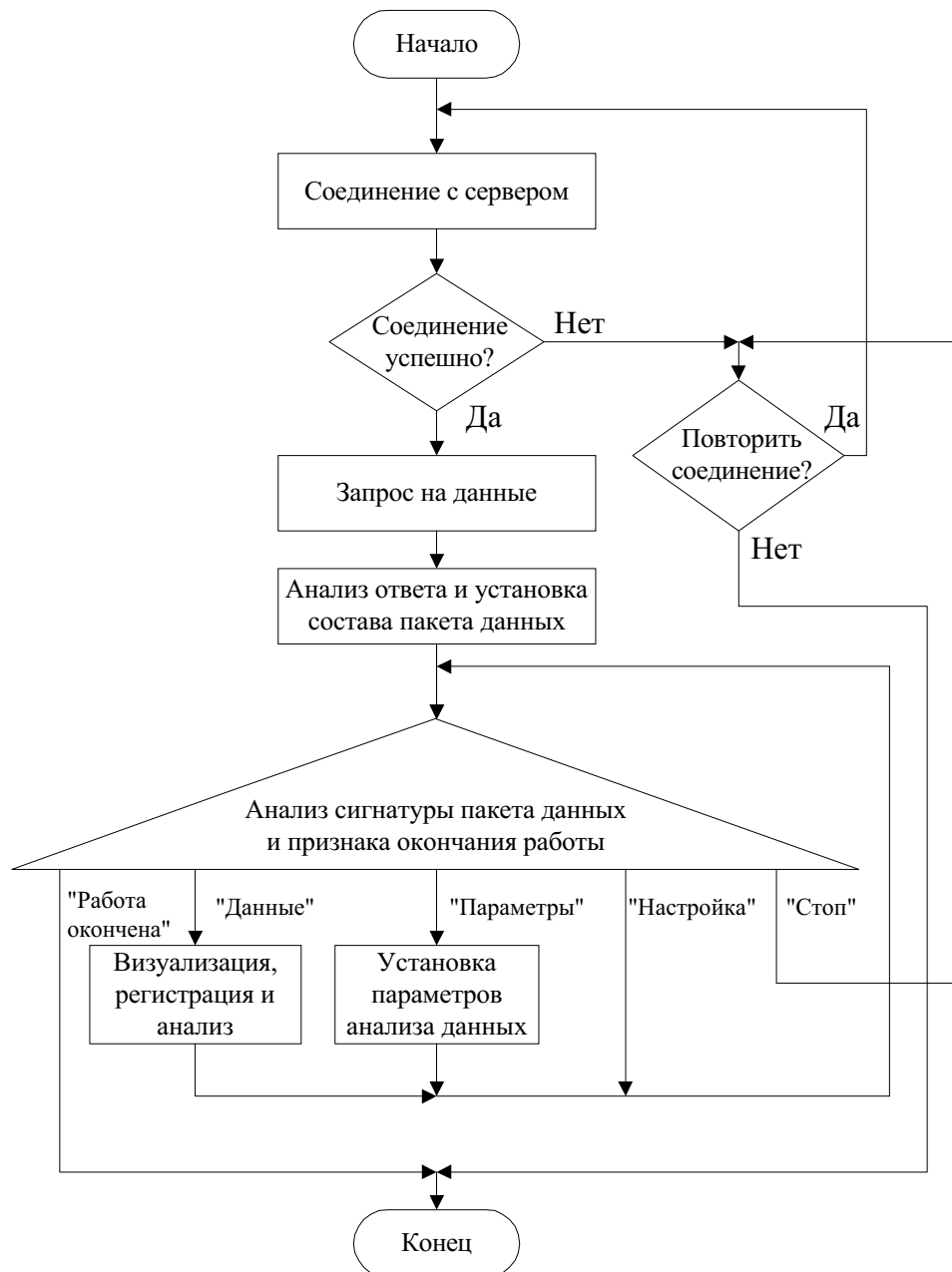


Рис. 5. Алгоритм программы визуализации, регистрации и анализа данных

Программа начинает свою работу с подключения к серверу и в случае успеха передает запрос на данные. После ответа сервера программа формирует перечень получаемой информации и таким образом определяет вид ожидаемых пакетов данных (сигнатура “Данные”). Структура остальных пакетов данных фиксирована и однозначно определяется их сигнатурами.

Если принят пакет с сигнатурой “Стоп” или данные от сервера не поступают в течение длительного промежутка времени, то выдается запрос на повторное соединение с сервером.

Завершение работы программы осуществляется по требованию пользователя.

5.4. Программа управления МРЛ производит выдачу и изменение параметров функционирования локатора по требованию оператора (рис. 6).

Данная программа может быть реализована как в качестве самостоятельного программного модуля, так и в составе сервер-программы. Последний способ труднее в реализации, т. к. потребует более сложной логики работы, однако он позволяет контролировать в одной программе все подключения к серверу, связанные с работой подсистемы.

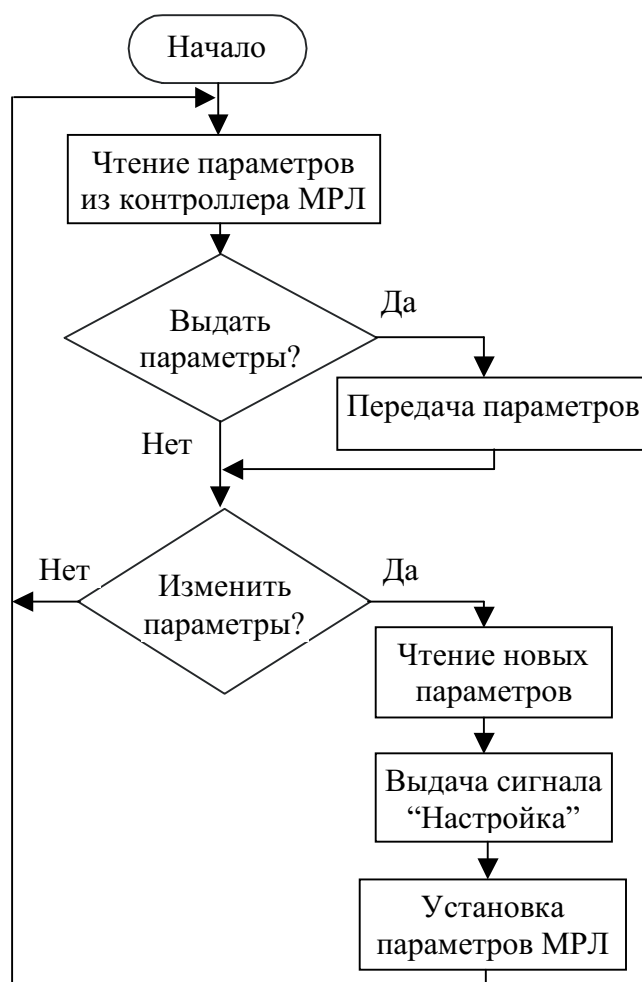


Рис. 6. Алгоритм программы контроля и управления МРЛ

6. Выводы

Разработана система управления метеорологическим комплексом, который может включать как один, так и целую сеть локаторов. Рассмотрены особенности построения алгоритмов программ обработки данных, управление потоками данных и способы их передачи пользователям.

Литература

1. V. Bormotov, G. Peters, K. Schünemann, D. Vavriv, V. Vinogradov, and V. Volkov. Proc. of Millennium Conf. on Antennas and Propagation, Davos, 2000.
2. Ю. В. Новиков, О. А. Калашников, С. Э. Гуляев. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC. Москва, Эком, 1998, 224 с.

Control System for Meteorological Complex of Atmosphere Remote Sensing

**D. M. Vavriv, V. V. Vinogradov,
S. A. Razbejko**

Control system for a millimeter-wave meteorological complex of remote sensing of the atmosphere is developed. The system can include single radar or a cluster of such radars. Peculiarities of the algorithms for signal processing, data flow management, and methods of data transfer to users are considered.