

УДК 621.396.96

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ КАНАЛОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АПД В РСБН И ПРМГ

А. И. Зархи, Ю. Т. Криворучко, М. Д. Максименко А. А. Овсянкина, В. А. Сеницын

Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова  
АО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург

Работа блока приема и выдачи сигналов аппаратуры передачи данных (АПД) рассмотрим на основе функциональной схемы, приведенной на рис. 1.

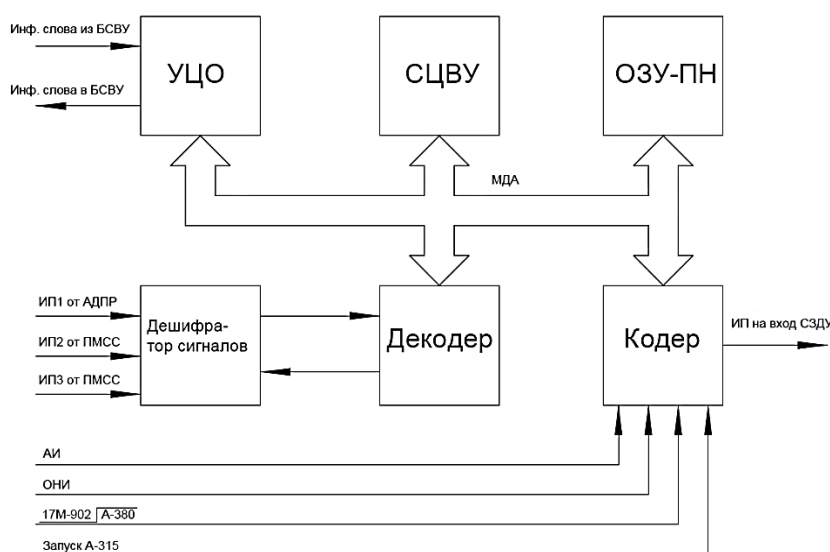


Рис. 1. Функциональная схема блока приема и выдачи сигналов аппаратуры передачи данных (АПД)

АПД обеспечивает работу в режимах «Борт/Борт» и «Посадка», при этом на вход поступает информационная посылка (ИП) с выхода приемника ПМСС, а в режиме «Земля/Борт» поступает ИП с выхода приемника АДПР. С выходов приемников информационная посылка подается в модуль дешифратора сигналов (ДС), где происходит дешифрование ИП.

С выхода ДС декодированные стопы поступают в модуль «Декодер», который вырабатывает импульсы «Стробы позиций» с периодом  $T = 4$  мкс под каждый декодированный стоп. С выхода декодера информация по пять разрядов переписывается по шине данных в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) повышенной надежности (ПН). В специализированное цифровое вычислительное устройство (СЦВУ) информация сравнивается с контрольной суммой по модулю 32, находящейся в 15-ом подцикле, и выдает сигнал «Сброс» с адресом 177246.

Ввод и вывод информации осуществляется из устройства цифрового обмена (УЦО) 16-ю словами по 32 разряда биполярного кода.

Кодирование информации в режимах «Борт/Земля» или «Борт/Борт» происходит при поступлении на входы блока АПД следующих сигналов от внешних устройств: азимутальный импульс (АИ), ответ наземной индикации (ОНИ), «Запуск А-315» и сигнала 17М-902 ИЛИ А-380. Каждый из этих сигналов запускает программу кодирования.

Формирование интервально-временного кода (ИВК) осуществляется с помощью 16-разрядного регистра. Слова, записанные в него по шине МДА, выводятся тактовой последовательностью 1 МГц и поступают на вход передатчика СЗДУ.

Функциональная схема модуля дешифратора сигналов приведена на рис. 2.

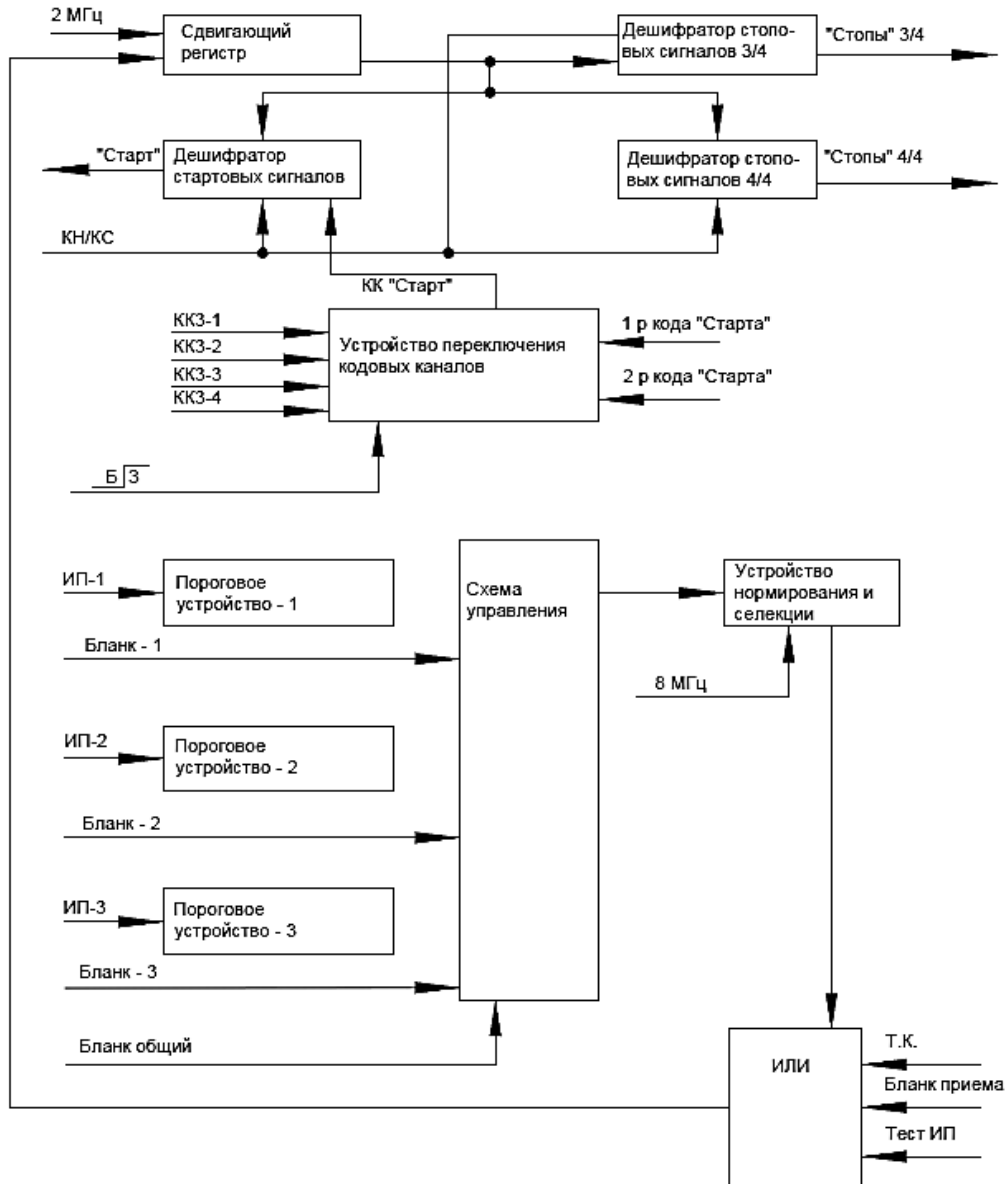


Рис. 2. Функциональная схема дешифратора сигналов

Дешифратор сигналов состоит из пороговых устройств, схемы управления и сдвигающего регистра. Пороговые устройства обеспечивают заданное отношение напряжений по-рог/шум для детектирования сигналов, поступающих от приемников. Пороговые устройства предназначены для формирования импульсов информации, поступающей от приемников.

На пороговое устройство 1 поступает информация от приемника АДПР.

На пороговое устройство 2 поступает информация от приемника ПМСС (канал «ПМСС-1»). На пороговое устройство 3 поступает информация от приемника ПМСС (канал «ПМСС-2»). С выходов пороговых устройств обработанная информация поступает на схему управления. Схема управления предназначена для бланкирования выходов приемников во время работы передатчика СЗДУ.

Нормирователь импульсов по длительности формирует из импульсов (эпюра 1 на рис. 3), имеющих длительность  $\tau_{и} > \tau_{н}$ , прямоугольные импульсы длительностью  $\tau_{н}$  (эпюра 2 на рис. 3); у импульсов длительностью  $\tau_{и} < \tau_{н}$  формирует прямоугольные фронты. Нормирователь импульсов по длительности «укорачивает» длинные импульсы (эпюра 3 на рис. 3).

Селектор импульсов по длительности обеспечивает подавление импульсов длительностью  $\tau_{и} < \tau_{н}$  (эпюра 4 на рис. 3).

Дешифратор сигналов производит обнаружение ИВК-сигнала с определенной временной расстановкой друг относительно друга и вырабатывает импульс, временное положение которого соответствует положению 4-го импульса кодовой группы. Логика обнаружения для стартового сигнала четыре импульса из четырех (4/4), а для стопового 3/4 или 4/4.

Сдвигающий регистр является дискретной линией задержки с дискретом сдвига 0,5 мкс (частота сдвига –  $f_{сдвига} = 2$  МГц) и служит для запоминания импульсов входных сигналов в интервале времени 32 мкс. С разрядов сдвигающего регистра, интервалы между которыми равны кодовым интервалам поступающих стартовых и стоповых сигналов, импульсы подаются на соответствующие дешифраторы.

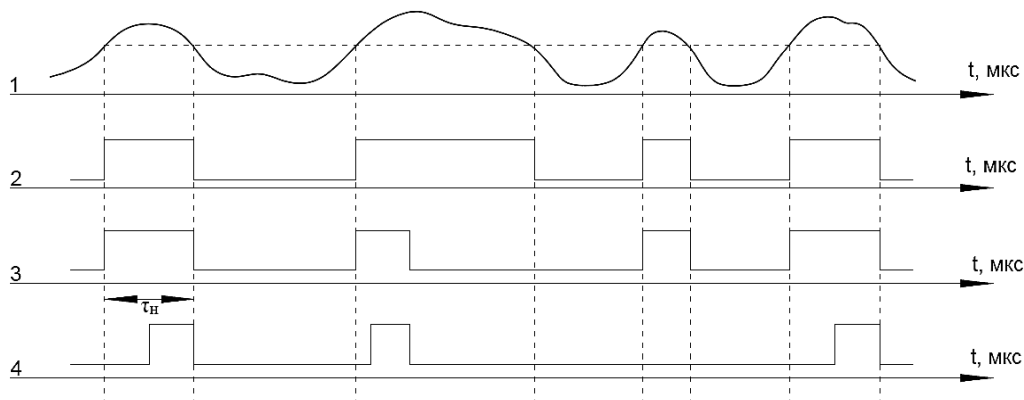


Рис. 3. Работа нормирователя и селектора информации

Импульс «Декодированный старт с выхода дешифратора стартового сигнала выдается только тогда, когда ни один из импульсов стартового сигнала не подавлен помехой, и все они поступили в сдвигающий регистр.

Устройство переключения кодовых каналов подключает к дешифраторам стартовых и стоповых сигналов те отводы сдвигающего регистра, которые соответствуют кодовым комбинациям ИВК-сигналов в выбранном кодовом канале. Это же устройство обеспечивает переключение кодовых комбинаций при смене режимов «Борт/Земля».

Дешифратор стоповых сигналов 3/4 обеспечивает выделение стоповых 4-х импульсных ИВК-сигналов по логике «3/4» (три импульса из четырех).

Пороговые устройства выполнены на операционных усилителях. Пороговые уровни напряжений устанавливаются с помощью резисторных делителей.

Бланкирование выходных сигналов приемников происходит сигналами «Бланк 1», «Бланк 2», «Бланк 3» и «Бланк общий».

Нормирователь импульсов представляет собой 4-разрядный регистр. При появлении на входе информационной посылки на микросхеме появляется импульс высокого уровня, который разрешает работу регистра. Также на вход регистра поступает частота 8 МГц, которая сдвигает импульсы информационной посылки.

Исходное состояние регистра характеризуется отсутствием сигналов на его входе. На вход сдвигающего регистра поступает входная информация. На «С» входы триггеров сдвигающего регистра подаются импульсы сдвига частоты 2 МГц. Поступающая на вход сдвигающего регистра информация сдвигается при этом с дискретом 0,5 мкс.

Исходное состояние дешифратора стартовых сигналов характеризуется отсутствием сигналов на его входе. С включением блока АПД начинает работать устройство переключения кодовых каналов, и с него на дешифратор стартовых сигналов проходят сигналы кодовых каналов старта.

Устройство переключения кодовых каналов обеспечивает формирование потенциала высокого уровня при включении определенного режима работы и кодового канала. Таких потенциалов высокого уровня – четыре. Кроме того, в устройстве переключения кодовых каналов вырабатывается сигнал «Неисправность кодового канала».

Сигналы «ККЗБ-1» – «ККЗБ-4» работают только в режиме «ЗБ» и выбирают один из соответствующих кодовых каналов для дешифратора «старта» и «стопа».

Дешифратор стоповых сигналов 3/4 служит для выделения совпадения трех любых импульсов стопового сигнала во всех возможных комбинациях из «четырех по три».

В дешифраторе стоповых сигналов при совпадении сигналов соответствующих отводов на выходе появится импульс «стопа».

Описание схемы функциональной модуля «Декодер». Схема функциональная модуля «Декодер» декодер представлена на рис. 4.

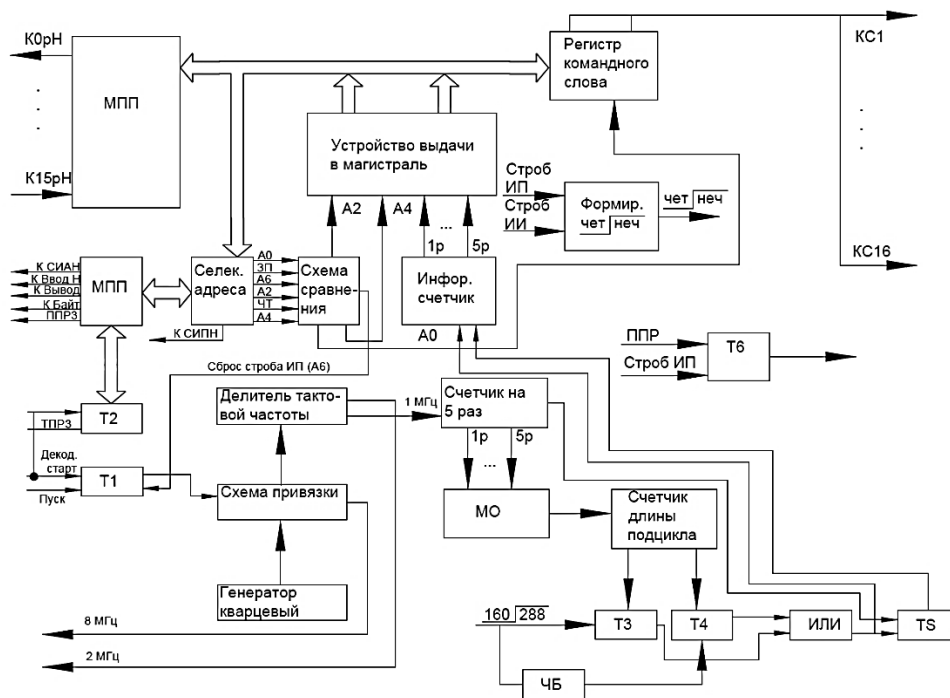


Рис. 4. Схема модуля «Декодер»

Декодер предназначен для преобразования временной информации в двоичную и выдачи ее в шину МДА; кроме того, декодер из МДА получает командное слово (от СЦВУ с адресом А0 для переписи в «Регистр командного слова»), определяющее режим работы блока АПД. С приходом из платы ДС сигнала «Декодированный старт» на триггере Т1 формируется «Строб ИП», от которого начинают работу все функциональные узлы платы «Декодер».

Кварцевый генератор формирует тактовую частоту 8 МГц, с выхода которого частота направляется на схему привязки, осуществляющую привязку частоты с точностью до 0,0625 мкс. С выхода схемы привязки частота 8 МГц поступает на плату ДС. Делитель тактовой частоты формирует частоту 1 МГц, 2 МГц.

От переднего фронта декодированного старта на триггере Т2 образуется сигнал ТПР-3, обеспечивающий перевод СЦВУ на подпрограмму приема ИП.

Одновременно с появлением сигнала «Строб ИП» начинает работу счетчик на 5 разрядов, который позволяет сформировать тактовую последовательность с периодом следования импульсов  $T = 4$  мкс, называемых стробами позиций. На матрице МО образуется последовательность импульсов с периодом 32 мкс, которая поступает на счетчик длины подцикла. Счетчик длины подцикла формирует интервалы 160 или 288 мкс в зависимости от входного сигнала «160/288».

Стробы позиций поступают на вход информационного счетчика, который считает их до прихода первого декодированного стопа, совпавшего с любым стробом позиции. Состояние счетчика будет сохранено до конца подцикла. В конце подцикла с выхода счетчика информация считывается в устройство выдачи в магистраль по адресу А2. Информация о наличии пустого подцикла передается по одному разряду шины МДА.

Признаком наличия пустого подцикла служит отсутствие совпадения декодированного стопа со стробом позиции в стробе информационного интервала (СИИ). Перепись информации подцикла в шину МДА осуществляется задним фронтом СИИ. Сигнал «чет/нечет» (четный или нечетный подциклы ИП) формируется по заданному фронту СИИ в стробе ИП и выдается в модуль ДС.

Сигнал БТЗ формируется после разрешения прерывания (сигнал ППР-3) в стробе ИП на функциональном узле Т6 и направляется в СЦВУ.

Для согласования функциональных узлов декодера с шиной МДА в нем используются стандартный интерфейс магистрального параллельного интерфейса (МПИ).

Селектор адреса (СА) обеспечивает выбор одного из четырех адресов, отведенных для функциональных узлов в декодере. Для установки всех узлов блока АПД в исходное состояние в модуле «Декодер» предусмотрена схема начальной установки.

Схема полутактовой привязки представляет собой два статических триггера, охваченных обратными связями. На входы поступают импульсы кварцевого генератора в противофазе, т.е. когда на одном из входов – высокий уровень потенциала, то на другом – низкий уровень потенциала. Работа схемы полутактовой привязки состоит в том, чтобы пропустить на выход импульсы тактового генератора, которые в момент появления строба ИП от старт-стопного триггера имеют высокий уровень потенциала.

Делитель тактовой частоты представляет собой 3-разрядный счетчик. Он осуществляет деление частоты кварцевого генератора на восемь.

Делитель частоты представляет собой 3-разрядный счетчик.

На микросхемах собран старт-стопный триггер, который формирует сигнал «Строб ИП» при наличии сигналов «Декодированный старт» и «Сброс».

5-разрядный счетчик представляет собой двоичный счетчик с последовательным переносом информации. Сигнал «Строб ИП» разрешает работу данного счетчика.

Регистр командного слова состоит из 16 разрядов. При поступлении служебного слова с адресом 177240 происходит прием информации из модуля СЦВУ, которая поступает на входы регистра командного слова и переписывается в блок сигналом «Запись» при наличии адреса 177240.

Селектор адреса выполнен на микросхеме 588 ВТ1. При совпадении разрядов на выходах (1–13) микросхемы 588 ВТ1 с заданными (на контактах 33–41 микросхемы 588 ВТ1) на выходах 29–32 микросхемы 588 ВТ1 вырабатываются сигналы управления, а на выходах 22–24 – сигналы «Чтение» и «Запись». Обмен информацией между декодером и СЦВУ осуществляется через магистральные приемопередатчики на микросхемах 558 ВА1.

Управление передачей информации по шине ДА происходит по выходам (26, 27) микросхемы 558 ВА1.

По сигналам МПИ «К СИАН», «К ввод Н», «К вывод Н», «К ВУН», «К байт Н», «ППР3» происходит ввод и вывод информации.

Схема функциональная модуля «Кодер» приведена на рис. 5.

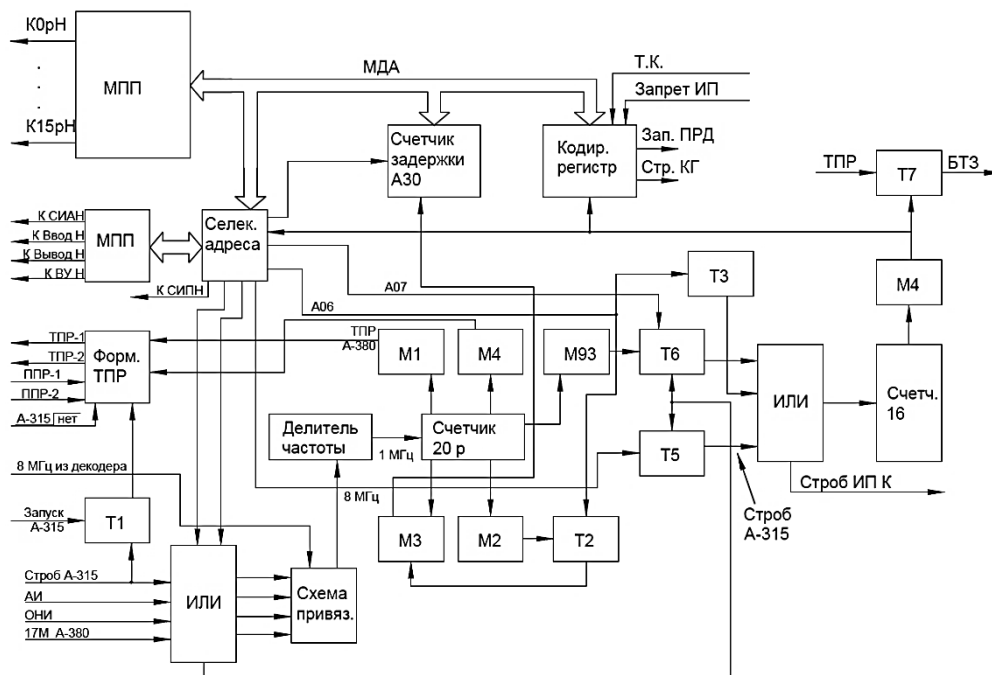


Рис. 5. Функциональная схема модуля «Кодер»

Кодер предназначен для преобразования двоичной информации, поступающей от СЦВУ, в интервально-временной код. Кодер имеет два режима работы: А-380, А-315. В режиме «А-380» кодер работает следующим образом. От внешнего устройства в кодер на схему привязки поступает азимутальный импульс (АИ), по заднему фронту которого начинает работать схема привязки. С выхода схемы привязки частота 8 МГц поступает на делитель частоты. Делитель частоты формирует тактовую последовательность 1 МГц, которая поступает на вход «Счетчика 20». Счетчик предварительно устанавливается в начальное состояние, которое обеспечивает появление на матрице М1 сигнала ТПР А30 за 200 мкс до первой позиции А30, которая совпадает с моментом переполнения «Счетчика 20». После получения подтверждения прерывания формирователь ТПР выдает сигнал БТЗ на триггере Т7. После входа в прерывание по А30 СЦВУ выставляет на шину данных код задержки А30 с адресом 177220, который записывается в счетчик задержки А30. После слов с кодом задержки А30 СЦВУ выдает информацию о самом А30 с адресом 177222.

В момент переполнения «Счетчика 20» на матрице М2 образуется сигнал, служащий для формирования строба А30, который вырабатывается на триггере Т2. На триггере Т3 формиру-

ется строб, разрешающий работу «Счетчика 16», который с периодом 16 мкс выдает импульсы переписи информации, находящейся на шине ДА для записи в кодирующий регистр. В кодирующий регистр непрерывно поступает гребенка 1 МГц, которая преобразует двоичную информацию, записанную параллельно в интервально-временной код.

Окончание выдачи слов, из которых состоит АЗ0, определяется СЦВУ, которое после последнего слова выдает адрес 177234 (сброс АЗ0).

А-340 обеспечивает в данном режиме:

- Кодирование и передачу информации по линиям связи «Борт/Борт», «Борт/Земля»;
- прием и декодирование информации по линиям связи «Борт/Борт», «Земля/Борт» (режим «Навигация»), «Земля/Борт» (режим «Посадка» по РЛС).

АПД обеспечивает работу перечисленных линий связи в режимах «Навигация», «Посадка» по РЛС, «Межсамолетная связь» (режим «МСС»).

Принцип работы аппаратуры АПД в режиме передачи и приема данных состоит в передаче и приеме информационной посылки (в виде информационного слова), в которой передаются координаты аэродрома, разовые команды, координаты точки полета ЛА. Декодированное информационное слово используется для записи в память вычислителя элементов движения ЛА относительно ВПП (курса, скорости и координат ЛА), координат точки перелета и для индикации на световых табло разовых команд.

Отличие режима заключается в периодичности передачи информации и номерах каналов, в которых ведется прием и передача по радиоканалу.

Ввод информации в блок кодера осуществляется с пульта ввода и управления (ПВУ). Информация в кодер в виде 20-разрядного двоичного кода подается блоками, состоящими из 16 разрядов информации и четырех разрядов, определяющих признак информационного блока.

Передаваемая информация распределяется в информационных словах по три информационных блока в каждом.

Признаки информационного слова и управляющие сигналы подаются в блок кодера параллельным двоичным кодом.

В зависимости от режима работы источниками информации могут быть вычислитель ЦВУ (текущая высота «Н<sub>т</sub>», остаток горючего «ОГ»), блок связи и управления (БСУ) (разовые команды, параметры пеленга цели или дальности цели «П<sub>ц</sub>», «Д<sub>ц</sub>»).

Для передачи сигналов в пространство используется передатчик СЗДУ, связанный с антенно-фидерной системой (АФС) через входное устройство.

Управление частотно-кодowymi каналами (ЧКК) СЗДУ осуществляется с пульта ЧКК в режиме «Навигация», с вычислителя в режиме «Посадка» (по РЛС) и в режиме «МСС».

Передача информации по линии связи «Борт/Земля» осуществляется по сигналу ответ наземной индикации (ОНИ). При этом производится задержка в передатчике «СЗДУ» сигнала «ОНИ», вырабатываемого в блоке измерения азимута и дальности (БИАД).

Задержанный сигнал «ОНИ» запускает блок кодера.

Передаваемая информация компонуется в 75-разрядное информационное слово, которое преобразуется в 15 подциклов, содержащих по пять разрядов информации: 14 подциклов несут передаваемую информацию, а 15-й подцикл используется в качестве проверочного.

В качестве начального кода для передачи слова используется 32-позиционная дискретная время-импульсная модуляция (ВИМ). Сигналами переноса каждой позиции в подцикл служат четырехимпульсные составные сигналы с пассивной паузой.

Передача информационного слова осуществляется старт-стопным методом. Каждое информационное слово передается самостоятельно.

Структура информационной посылки, вырабатываемой кодером и декодируемой декодером, представлена на рис. 1.

#### **Аппаратура информационного обмена**

Информационный обмен по каналу «земля-борт»:

- Опознавание системы посадки;

- Подтверждение категории системы и готовности подсистем КРМ, ГРМ, РД.
- Информационный обмен по каналу «борт-земля»:
- Номер борта;
  - Текущие данные о положении самолета относительно заданной траектории снижения по курсу и глиссаде;
  - Дальность до точки приземления;
  - Высоты и курса.

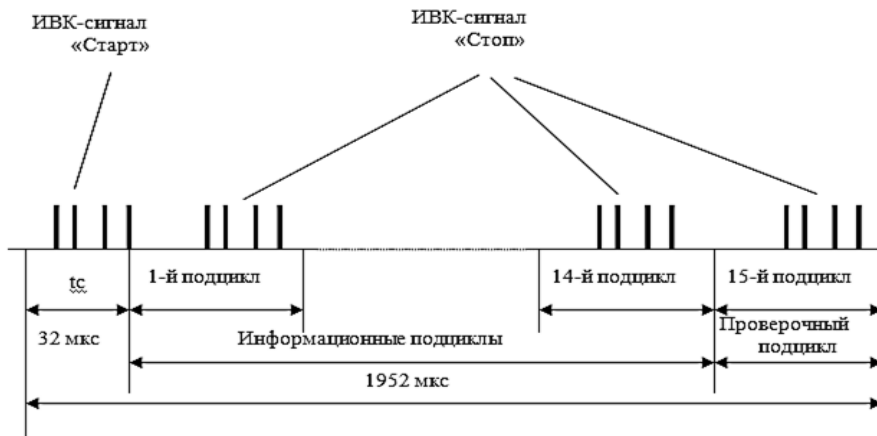


Рис.6. Информационная посылка

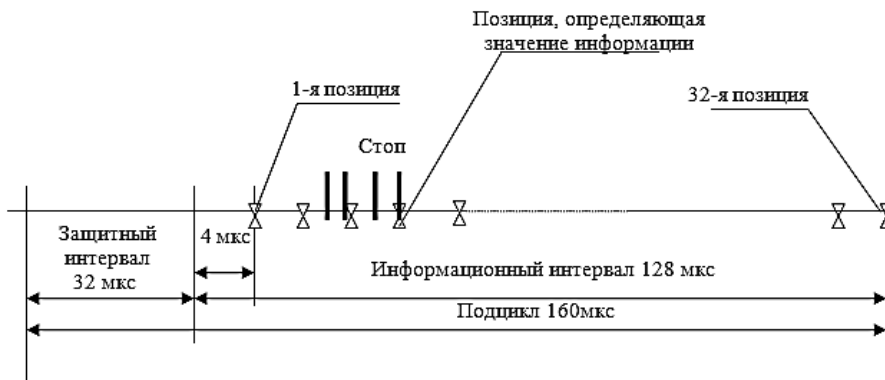


Рис.7. Подцикл

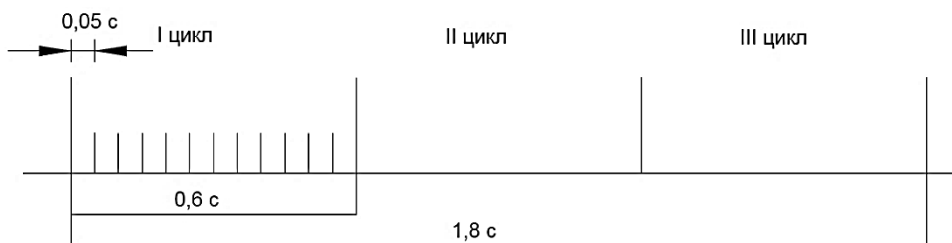


Рис.8. Передача информации в режиме «Экстренно»



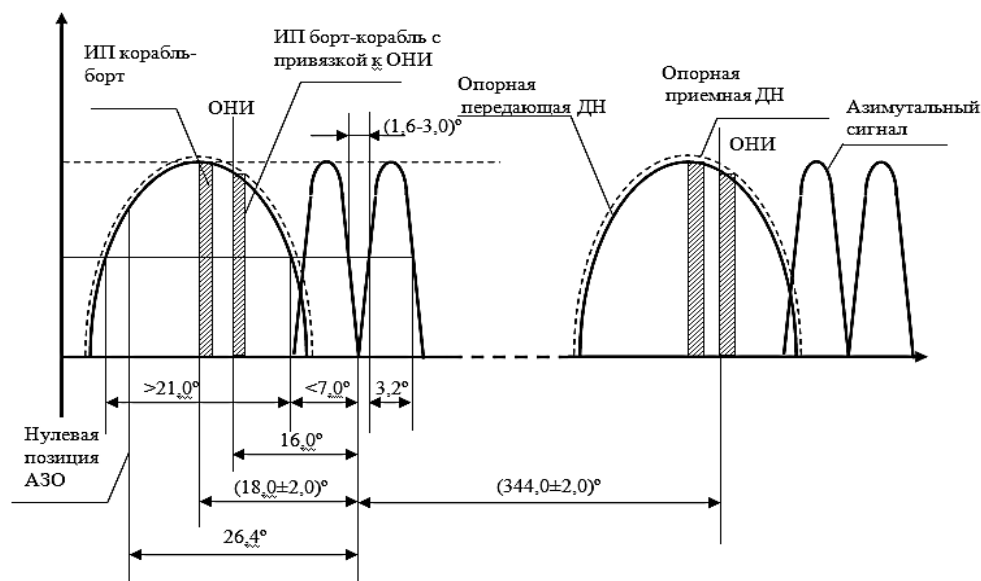


Рис. 9. Положение информационной посылки в диаграмме направленности радиомаяка

Возможности информационного обмена позволяют осуществлять на земле контроль процесса заход на посадку по приборам или в автоматическом режиме, а также, при необходимости, использовать штатные самолеты для облета наземных радиомаяков.

Передача информационных посылок может осуществляться в паузах между посылками 1300 и 2100 Гц по трактам, используемым для измерения дальности.

Общий объем информационного обмена – 1800 бит.

Информационный обмен осуществляется в виде передачи информационных посылок. Переносчиком информации является четырехимпульсный сигнал с интервально-временным кодированием (ИВК). По каналам «земля/борт» и «борт/земля» передаются два типа посылок: короткая (20 разрядов) для передачи опознавания и команд и длинная (75 разрядов) для передачи информации.

Кодирующие устройства для ИВК, разработанные на элементах малой и средней степени интеграции, уже длительное время находятся в эксплуатации. Появление современных мини и микро-ЭВМ позволяет создать устройства с улучшенными тактико-техническими характеристиками. Имея принципиально иную архитектуру построения, микропроцессорная реализация кодирующих устройств дает возможность проводить оперативное изменение структуры сигналов, способов их обработки и алгоритмов информационного обмена.

Рассмотрим микропроцессорную реализацию кодирующих устройств РТС обеспечения полетов ЛА.

Определение основных элементов структуры микропроцессорного кодирующего устройства (КУ) и установление связей между ними является важным этапом проектиро

В качестве критерия оптимальности структурной схемы примем минимальный объем решаемых задач, выполняемых специализированными модулями сопряжения микро-ЭВМ с внешними устройствами. Производительность и емкость памяти микро-ЭВМ являются в основном теми ограничителями, которые влияют на распределение объема решаемых задач между аппаратной и программной частями микропроцессорного КУ.

Структура микропроцессорного КУ состоит из следующих узлов:

- базовой микро-ЭВМ;
- УЦО;

- Предпроцессора (ПРПР) сопряжения микроЭВМ с комплексом.

Модули – микро-ЭВМ и УЦО – являются базовыми и входят в ряд малых измерительно-вычислительных комплексов [4].

Главные функции специализированного предпроцессора таковы:

- Сопряжение с передающими, измерительными и другими устройствами комплекса;
- Внешняя синхронизация момента передачи информационных посылок;
- Контроль аппаратной части КУ.

На рис. 10 представлена функциональная схема предпроцессора КУ. Основными элементами предпроцессора, связанного с микро-ЭВМ межмодульным параллельным интерфейсом, является сдвигающий регистр RG ИП. Данный регистр обеспечивает совместно со схемой управления предпроцессора с помощью поступающих синхроимпульсов (СИ) преобразование информационной посылки, состоящей из множества машинных слов, сформированных микро-ЭВМ в соответствии с передаваемым информационным сообщением, содержащие ИВК-сигналы, и поступающую в реальном масштабе времени на передающее устройство.

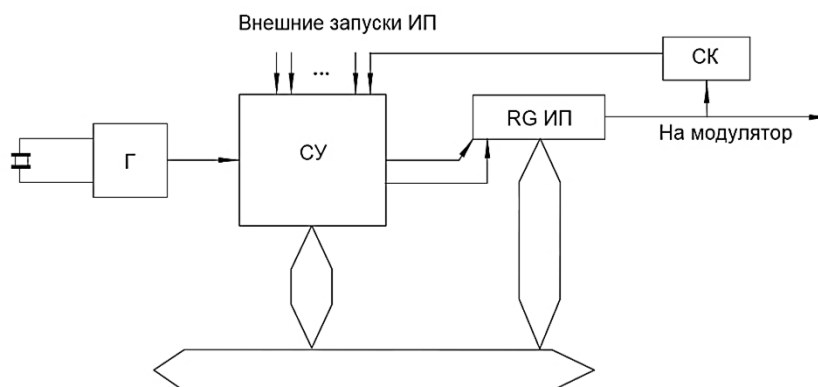


Рис. 10. Функциональная схема предпроцессора КУ

### Программная часть КУ

Основные задачи, выполняемые программной частью КУ, следующие:

- Ввод-вывод и обработка информационных сообщений от источников информации;
- Обработка информации о режиме работы КУ;
- Установка и реализация приоритета передачи;
- «Формирование» информационных сообщений;
- Кодирование информационных посылок;
- Контроль КУ.

1. Программа «Ввод-вывод и обработка информационных сообщений» обеспечивает структурную и информационную совместимость источников сообщений с КУ. Ввод-вывод в микро-ЭВМ информационных сообщений производится через устройство цифрового обмена в режиме прямого доступа в ОЗУ микро-ЭВМ.

В РТС управления полетами наибольший объем передаваемой дополнительной информации занимают дискретные выборки непрерывных параметров навигационно-управляющих процессов, таких как текущая высота, отклонение по курсу и глиссаде, курс, скорость и др.

Кратко рассмотрим алгоритм кодирования информационной посылки для широко применяемых сигналов ДВИМ-ИВК-АМ (дискретная времяимпульсная манипуляция – импульсно-временной код – амплитудная модуляция).

Процесс кодирования информационной посылки [8] состоит в выполнении процедуры ДВИАМ в соответствии с массивом двоичных чисел форматизированного форматизированного сообщения и получении информационной посылки в виде совокупности ДВИМ-

сигналов, выраженной 1 и 0 с последующим преобразованием единичного образа ДВИМ-сигнала в образ ИВК-сигнала, извлекаемый из ПЗУ в виде совокупности 1 и 0. В результате такого преобразования вся информационная посылка представляется в виде множества 1 и 0, записанных в ОЗУ, причем 1 соответствует тем местам посылки, где в реальном масштабе времени в информационной посылке должен быть импульс. При этом вся информационная посылка разбивается на число дискретов, которое определяется отношением длительности посылки к длительности элементарного сигнала, образующего ИВК.

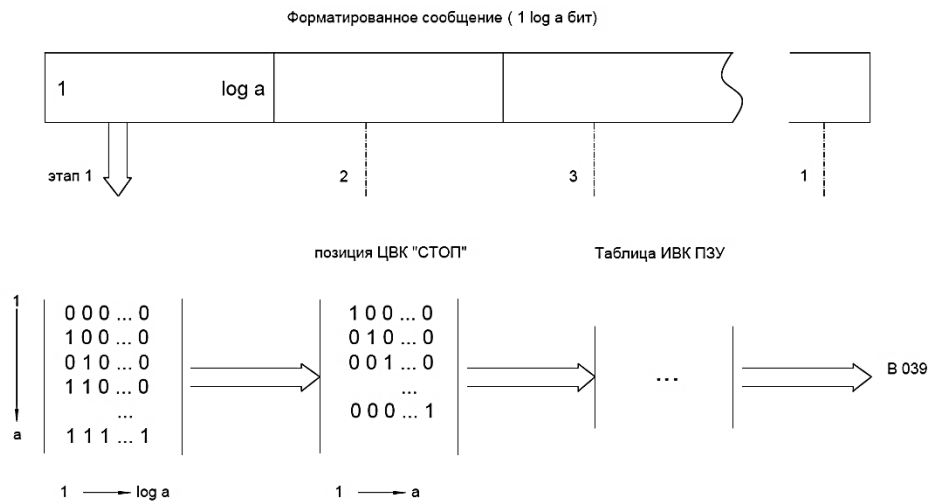


Рис. 11. Схема кодирования форматированного информационного сообщения

Число дискретов является размерностью ( $P_{ИП}$ ) массива информационной посылки и равняется:

$$P_{ИП} = \frac{\tau_0}{\Delta},$$

где  $\Delta = \frac{1}{F}$  – длительность элементарного сигнала ИВК при ширине полосы пропускания радиоканала  $F$ .

Для РСБН  $P_{ИП} = 2500$  бит, а время кодирования ИП составляет  $3 \cdot 10^3$  мкс. Емкость ОЗУ для массива ИП составляет 157 машинных слов, затраты ПЗУ – 60 машинных слов.

2. Программа «Контроль КУ» выполняет:

- Автоконтроль КУ;
- Формирование тестовых информационных посылок;
- Формирование контрольных разрядов информационной посылки.

Для РСБН контрольные разряды ИП формируются по правилу

$$a - \sum_{i=1}^l x_i (\text{mod } a),$$

где  $x_i$  – значение информационного символа.

Одним из важных параметров КУ является скорость передачи информации  $R$ , которую для ВИМ-ИВК-сигнала можно представить в виде:

$$R = \frac{l \log a}{\sum_i t_i + \tau_0},$$

где  $l \log a$  – емкость информационной посылки, бит;  $\tau_0$  – длительность информационной посылки;  $\sum_i t_i + \tau_0$  – время, затраченное на формирование, кодирование и передачу.

### Выводы

1. Кодированное устройство с использованием микро-ЭВМ для радиотехнических систем обеспечения полетов позволяет улучшить основные тактико-технические характеристики, а именно:

- Повысить пропускную способность системы в 4 раза;
- Увеличить надежность в 10 раз;
- Снизить потребляемую мощность в 4 раза;
- Уменьшить массогабариты в 1,5 раза;
- Обеспечить унификацию, серийнопригодность, сокращение сроков внедрения, а также способность к модификации.

2. Изложенные принципы построения кодирующего устройства пригодны и для других видов сигналов, например для перспективных широкополосных фазоманипулированных сигналов.

3. Наличие резерва памяти ОЗУ и ПЗУ позволяет в дальнейшем рассматривать построение кодирующего и декодирующего устройств с использованием единых узлов (микро-ЭВМ, устройства цифрового обмена и др.).

### Библиографический список

1. *Свердлик М. Б.* Оптимальные дискретные сигналы. М.: Советское радио, 1973.
2. *Лавриненко В. М.* Использование РСБН с каналами передачи информации в качестве вторичного радиолокатора // Вопросы радиоэлектроники. Серия ОТ. 1980.
3. *Бычков С. И., Пахолков Г. А., Яковлев В. Н.* Радиотехнические системы предупреждения столкновения самолетов. М.: Советское радио, 1977.
4. *Громов Г. Н.* и др. Вычислитель на микропроцессорных БИС серии K588 // Электронная промышленность. 1983. Выпуск 9.