

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика С.П.КОРОЛЕВА

## Самолетный ответчик СО-69

*Учебное пособие*

САМАРА 2003

Составитель: М.А. Ковалев

УДК 629.7.052:621.396

**Самолетный ответчик СО-69: Учебное пособие / Самарс. гос. аэрокосмический ун-т. Сост. М.А.Ковалев. Самара 2003. 48 с.**

Изложены теоретические основы функционирования системы вторичной радиолокации аппаратуры управления воздушным движением, указано место самолетного ответчика в этой системе. Рассмотрены общие сведения о СО-69, органы его управления, структура запросного и ответного сигналов, принцип действия СО-69 по структурной и функциональной схемам, а также вопросы взаимодействия СО-69 с бортовым комплексом и особенности его технической эксплуатации.

Пособие рекомендуется для студентов, обучающихся по дисциплине «Эксплуатация и ремонт РЭО самолетов, вертолетов и авиационных ракет», составлено в соответствии с программой по ВУС 461300.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П.Королева и по решению заседания военной кафедры (протокол № 26 от 29.04.03 г.).

Рецензент: Г.И. Леонович

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. СИСТЕМЫ ВТОРИЧНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ .....	5
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О САМОЛЕТНОМ ОТВЕТЧИКЕ СО-69 .....	10
2.1. Назначение и основные ТТД СО-69 .....	10
2.2. Состав и размещение аппаратуры СО-69 на самолете МИГ-29 .....	11
3. ПРИНЦИП РАБОТЫ САМОЛЕТНОГО ОТВЕТЧИКА СО-69 .....	13
3.1. Органы управления самолетным ответчиком СО-69 .....	13
3.2. Структура ответного сигнала .....	15
3.2.1. Координатный код .....	15
3.2.2. Код ключа и информационный код .....	18
3.3. Принцип действия СО-69 по структурной схеме .....	21
4. ПРИНЦИП РАБОТЫ СО-69 ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЕ .....	23
4.1. Принцип работы СО-69 в режимах «РСП» и «УВД» с диспетчерскими РЛС .....	23
4.2. Принцип работы СО-69 в режимах «РСП» и «УВД» с посадочными РЛС .....	32
4.3. Принцип работы СО-69 в режиме «П-35» .....	35
4.4. Принцип работы СО-69 в режиме “Контроль” .....	37
5. СОПРЯЖЕНИЕ САМОЛЕТНОГО ОТВЕТЧИКА СО-69 С БОРТОВЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ САМОЛЕТА МИГ-29 .....	39
6. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СО-69 .....	40
Приложение 1 .....	43
Приложение 2 .....	44
Приложение 3 .....	45
Приложение 4 .....	46
Приложение 5 .....	47

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в ВВС и ГВФ широкое распространение получили радиотехнические системы вторичной радиолокации (СВРЛ), которые используются в аппаратуре определения государственной принадлежности ЛА и аппаратуре управления воздушным движением (УВД).

При помощи СВРЛ аппаратуры УВД осуществляется привод самолетов в район аэродрома посадки, управление движением самолетов в районе аэродрома, заход на посадку и обеспечение самой посадки. Неотъемлемой частью СВРЛ аппаратуры УВД является самолетный ответчик.

Самолетный ответчик СО-69 устанавливается на ЛА, используемых в ВВС. Он пришел на смену устаревшему самолетному ответчику СОД-57. СО-69 позволяет выполнять полеты не только в пределах территории, оснащенной отечественной диспетчерской и посадочной аппаратурой, но и в пределах районов, оснащенных системами, которые соответствуют стандартам сигналов международной организации ИКАО. Для этого в его состав включено дополнительное оборудование.

В настоящее время на отечественных ЛА помимо СО-69 могут устанавливаться и другие типы самолетных ответчиков: СО-72, СО-63Б, СОМ-64, СОД-57М.

# 1. СИСТЕМЫ ВТОРИЧНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

СВРЛ аппаратуры УВД предназначены для повышения эффективности регулирования воздушного движения на трассах и в районах расположения аэродромов.

Они решают следующие задачи:

- привод самолетов в район аэродрома посадки;
- управление движением самолетов в районе аэродрома;
- заход на посадку;
- обеспечение самой посадки.

СВРЛ аппаратуры УВД включают самолетные ответчики (СО), расположенные на борту ЛА, и наземные вторичные радиолокаторы (ВРЛ) в комплексе с аппаратурой отображения информации (см. рис.1).

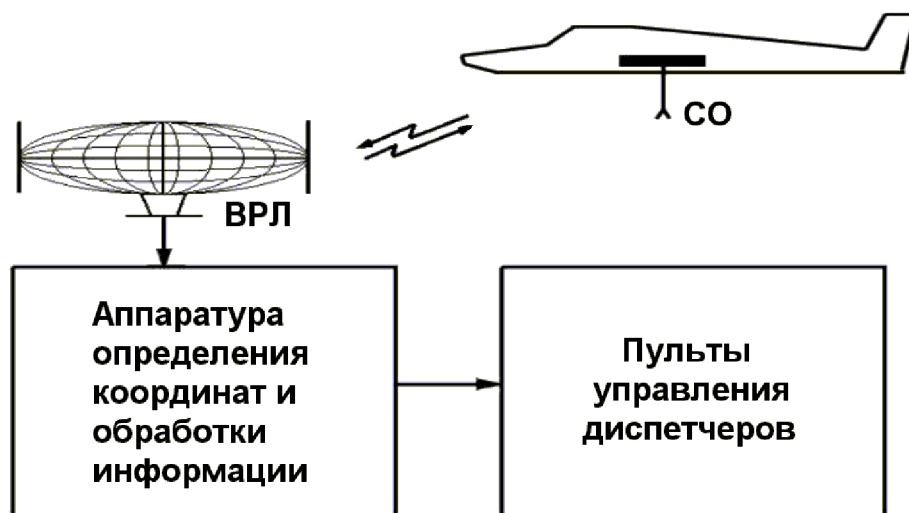


Рис.1. Состав СВРЛ аппаратуры УВД

ВРЛ осуществляет кодированный запрос ответчиков самолетов, находящихся в зоне его действия. СО излучают ответные сигналы, так называемые “кодовые посылки”, которые принимаются ВРЛ и транслируются на команд-

ный диспетчерский пункт (КДП). Аппаратура КДП обеспечивает возможность определения координат самолетов (дальность, азимут), а также получения и отображения дополнительной информации (бортовой номер, высота, остаток топлива и др.) непосредственно на рабочих пультах диспетчеров УВД.

В зависимости от режима работы, выбранного на пульте управления СО, он может взаимодействовать со следующими типами наземных ВРЛ:

- обзорными радиолокаторами (ОРЛ) (в режиме П-35);
- диспетчерскими радиолокаторами (ДРЛ) (в режимах «РСП» и «УВД»);
- посадочными радиолокаторами (ПРЛ) (в режимах «РСП» и «УВД»).

ОРЛ решает задачу дальнего обнаружения самолетов и привода их в зону действия ДРЛ. Дальность действия ОРЛ не менее 300 км (пример ОРЛ: изделие П-35).

ДРЛ предназначены для контроля за положением самолетов на расстоянии до 150 км от аэродрома, их опознавания и вывода самолетов в зону действия ПРЛ. Оператор ДРЛ (диспетчер) определяет очередность посадки, передает на борт самолета информацию, необходимую для вывода самолета в плоскость посадочного курса (пример ДРЛ: изделия “Корень”, “Волхов”, РСП-6, РСП-7 в комплекте с аппаратурой “Номер-Т”, “Номер-ТМ”).

Оператор ПРЛ, наблюдая за отметкой самолета на индикаторе, определяет его отклонение от линии планирования в плоскостях курса и глиссады, а также расстояние до точки оптимального приземления и по каналу радиосвязи передает на борт команды для исправления траектории снижения самолета (пример ПРЛ: изделия РСП-6, РСП-6МН, РСП-7, РСП-8).

Некоторые ТТД ВРЛ приведены в таблице 1.

Диаграмма направленности (ДН) остронаправленных антенн ВРЛ в горизонтальной плоскости имеет боковые лепестки. Причем мощность их излучения достаточна для запроса ответчиков, находящихся на значительных расстояниях от ВРЛ. Поэтому наличие боковых лепестков у ДН антенн может привести к появлению на экранах индикаторов ВРЛ добавочных отметок под ложными азимутами, а также паразитной загрузке бортовых ответчиков. Для того чтобы

избежать этого в СО осуществляется подавление запросов от боковых лепестков ДН антенн ДРЛ и ПРЛ.

Таблица 1.

ТТД	ПРЛ	ДРЛ	ОРЛ
Рабочая частота передатчика, МГц	9370 (1-й диапазон)	835; 837,5; 840; 1030 (3-й диапазон)	2700...3100 (2-й диапазон)
Коды запроса	двухимпульсные		одноимпульсные
	$t_{31} = 3$ мкс $t_{32} = 5.4$ мкс	$t_{31} = 9.4$ мкс $t_{32} = 14$ мкс	
Рабочие частоты приемника, МГц	730; 740; 750; 1090		
Дальность действия, км, не менее	60	150	300

*Подавление запроса от боковых лепестков ДН антенн ДРЛ осуществляется путем использования, так называемой, “трехимпульсной системы”, суть которой заключается в следующем (см. рис.2). К двум импульсам запросного кода P1 и P3 (см. рис.2.а), излучаемым направленной антенной ДРЛ, добавляется третий импульс P2 (импульс подавления), излучаемый отдельной ненаправленной антенной (ДН направленной и ненаправленной антенн приведены на рис.2.б). Импульс подавления P2 во времени отстает на 2 мкс от импульса P1 запроса.*

Энергетический уровень излучения антенны подавления подбирается таким образом, чтобы в местах приема амплитуда импульса подавления была заведомо больше амплитуды импульсов, излучаемых боковыми лепестками ДН и меньше амплитуды импульсов, излучаемых главным лепестком.

В СО после детектирования происходит сравнение амплитуд импульсов кода запроса (P1, P3) и импульса подавления (P2). Ответ производится только

тогда, когда амплитуда импульсов P1, P3 больше амплитуды импульса P2 на 9 и более децибел.

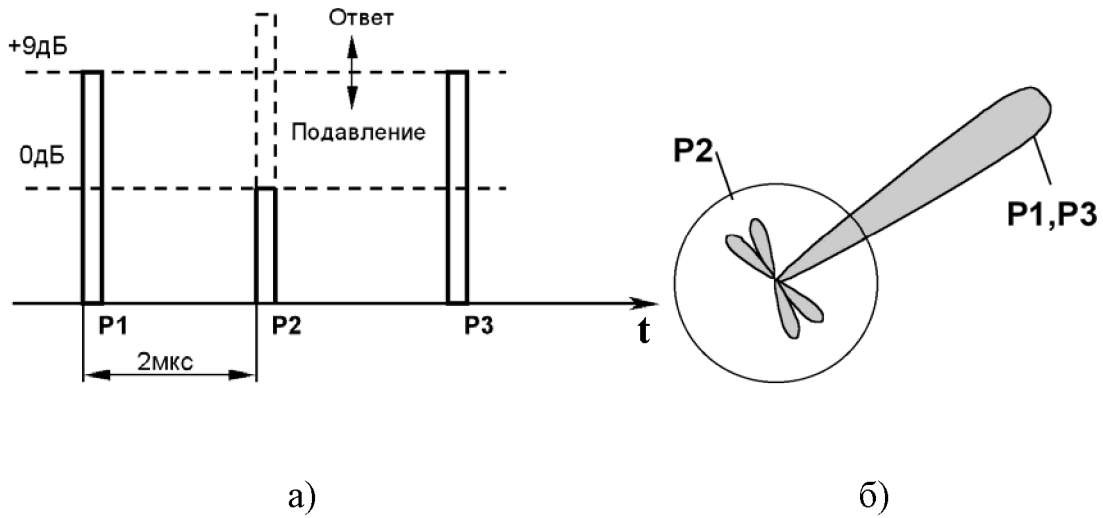


Рис.2. «Трехимпульсная система» подавления запроса от боковых лепестков ДН антенн ВРЛ:

а – структура запросного сигнала ДРЛ;

б – ДН направленной и ненаправленной антенн ДРЛ.

Для обеспечения подавления запроса от боковых лепестков ДН антенн ДРЛ должен иметь либо два отдельных передатчика (запроса и подавления), либо один общий передатчик и СВЧ переключатель антенн.

Подавление запроса от боковых лепестков ДН антенн ПРЛ производится методом плавающего порога, суть которого заключается в следующем (см. рис.3). В СО с помощью инерционной следящей системы в виде напряжения запоминается амплитуда сигналов, принятых от основного лепестка ДН. Часть этого напряжения, соответствующая заданному уровню, превышающему амплитуду сигналов боковых лепестков (см. рис.3.а), устанавливается в качестве порога. В следующее облучение ответ производится только при превышении этого порога запросными сигналами (см. рис.3.б). Порог корректируется в последующие облучения.

Однако, энергетические уровни запросных сигналов курса и глиссады ПРЛ различны, т.к. курс и глиссада задаются разными антеннами. В связи с этим в



ПРЛ для режима работы СО «УВД» введено *раздельное кодирование запросов по курсу и глиссаде*, а СО имеет соответственно 2 канала подавления запроса боковых лепестков ДН антенн ПРЛ. При этом запрос по курсу (код запроса двухимпульсный, а интервал между импульсами 3,0 мкс) обрабатывается одним приемным каналом СО, а запрос по глиссаде (интервал между импульсами 5,4 мкс) - другим.

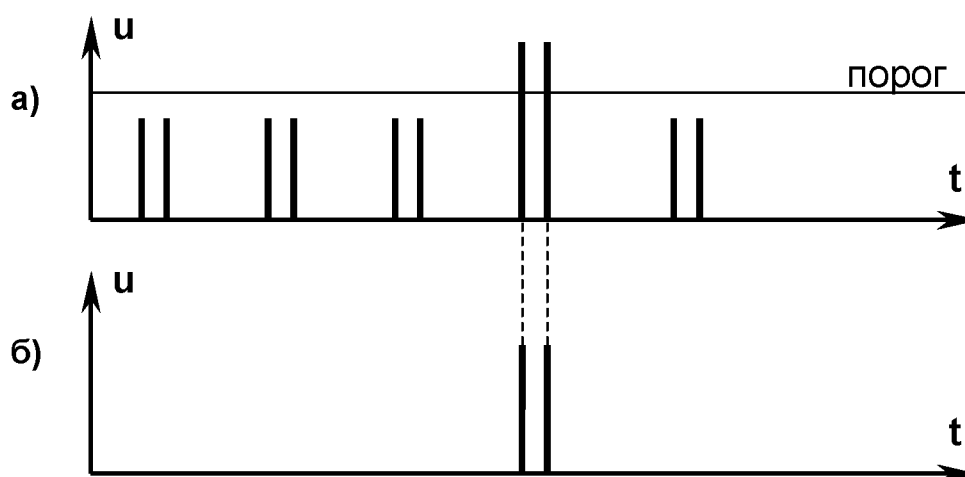


Рис.3. Принцип подавление запроса от боковых лепестков ДН антенн ПРЛ пороговым методом:

- а – временная эюра запросного сигнала;
- б - временная эюра ответного сигнала.

Для обеспечения нормальной работы ответчика при наличии на аэродроме двух ПРЛ с пересекающимися ДН (такая ситуация имеет место на аэродромах, оснащенных несколькими взлетно-посадочными полосами (ВПП)) ПРЛ имеют возможность *кодирования запросов по курсу и глиссаде одинаковым кодом* для режима работы СО «РСП». При этом один ПРЛ работает в режиме РСП-1 (интервал между импульсами 3,0 мкс), второй — в режиме РСП-2 (интервал между импульсами 5,4 мкс), а запросы первого и второго ПРЛ обрабатываются разными приемными каналами СО.

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О САМОЛЕТНОМ ОТВЕТЧИКЕ СО-69

### 2.1. Назначение и основные ТТД СО-69

СО предназначен для ответа на запросы ВРЛ и автоматической передачи информации о номере самолета, высоте полета, остатке топлива и других сообщениях.

СО-69 обеспечивает решение следующих задач:

- увеличение дальности обнаружения самолета наземными ВРЛ за счет активного ответа;
- исключение помех от метеофакторов и местных предметов на экранах ВРЛ за счет кодирования ответного сигнала;
- автоматическое индивидуальное опознавание самолета (передача информации о бортовом номере самолета);
- возможность непрерывного контроля высоты полета ЛА;
- автоматическую передачу с борта самолета информации об остатке топлива и др. сообщений.

Параметры и характеристики приемного тракта СО-69 зависят от типа ВРЛ, с которым в данный момент ведется взаимодействие. Это связано с тем, что при работе с ДРЛ функции приемника у СО выполняет блок приемника-передатчика, а при взаимодействии с ПРЛ и ОРЛ – блок посадочных сигналов (БПС). Так, при работе с ДРЛ приемный тракт СО-69 имеет ТТД, приведенные в таблице 2, а с ПРЛ и ОРЛ – в таблице 3.

Таблица 2

	I приемный канал	II приемный канал
Частота ПРМ, МГц	835...840 (3-й диапазон)	1030 (3-й диапазон)
Чувствительность ПРМ, дБ	-84±4	

Таблица 3

	ПРЛ	ОРЛ
Частота ПРМ, МГц	9370 (1-й диапазон)	2700..3100 МГц (2-й диапазон)
Чувствительность ПРМ, дБ	-65±3	

**Параметры и характеристики передающего тракта СО-69** не зависят от типа ВРЛ, с которым в данный момент ведется взаимодействие.

*Частота* ответного сигнала СО-69 зависит от положения переключателя «Волны» на пульте управления и может принимать одно из четырех значений: 730, 740, 750 и 1090 МГц. Причем первые три значения частоты соответствуют параметрам систем посадки, соответствующих отечественному стандарту, а значение 1090 МГц – стандарту международной организации ИКАО.

*Мощность* передатчика – не менее 250 Вт.

## 2.2. Состав и размещение аппаратуры СО-69 на самолете МИГ-29

Комплектация СО-69 зависит от типа ЛА, на котором он установлен. Состав СО-69, устанавливаемого на самолете МИГ-29 и других ЛА аналогичного типа, приведен в таблице 4.

Таблица 4

№ п/п	Наименование блока	Условные обозначения
1	Блок СО-69	СО-69
2	Блок посадочных сигналов	БПС
3	Приставка бланкирования	ПБ-02
4	Приставка усилительная	ПУ-01
5	Блок питания	БП
6	Пульт управления	ПУ
7	Фильтр	ВТ-010

### Назначение блоков СО-69

**1. Блок СО-69** состоит из 2<sup>х</sup> съемных блоков, установленных на одной амортизационной раме: приемопередатчика и шифратора.

**2. Блок посадочных сигналов (БПС).**

Блоки СО-69 и БПС являются основными блоками в составе ответчика и размещаются в подкабинном отсеке самолета МИГ-29. Назначение этих блоков будет рассмотрено ниже при описании принципа действия СО-69 по структурной схеме.

**3. Приставка бланкирования** предназначена для сложения, расширения и инвертирования бланкирующих импульсов, поступающих на СО-69. Импульсы бланкирования предназначены для обеспечения электромагнитной совместимости бортового РЭО. Они вырабатываются передатчиками бортовой аппаратуры и необходимы для закрывания приемных трактов систем, работающих в одинаковом частотном диапазоне, на время излучения передатчиков с целью исключить возможность ложного срабатывания приемников.

**4. Приставка усилительная** предназначена для усиления и инвертирования бланкирующих импульсов, поступающих из СО-69 на другие бортовые системы для осуществления бланкирования приемников этих систем на время излучения передатчика СО-69.

**5. Блок питания** предназначен для преобразования напряжения 115В 400Гц бортсети в 36В 400Гц.

**6. Пульт управления** предназначен выбора режимов его работы, рабочих частот передатчика, а также индикации ответа и исправности ответчика.

**7. Фильтр ВТ-010** предназначен для дополнительного подавления побочных излучений передатчика.

**Антенно-фидерная система (АФС) СО-69** включает три типа антенн.

1. Для работы в 1-м и 2-м частотных диапазонах (2700...3100 МГц, 9370 МГц) используются 3 антенны типа АЗ-041М, которые размещены в левом и правом наплыве крыла и на законцовке левого киля под радиопрозрачными обтекателями. Конструктивно антенна выполнена следующим образом. Внутри

отрезка круглого волновода диаметром 33 мм, возбуждаемого петлей, размещен отрезок прямоугольного волновода сечением 10×23 мм, запитываемый биконическим вибратором. Круглый волновод осуществляет прием сигнала частотой 2700...3100 МГц, а прямоугольный – 9370 МГц.

2. Для работы в 3-м диапазоне частот (1030, 1090 МГц) с сигналом вертикальной поляризации применяются две антенны типа АМ-002М, расположенные под фюзеляжем в носовой части самолета и на законцовке правого кия. Антенна представляет собой вертикальный несимметричный четвертьволновый вибратор. Она обеспечивает прием запросных сигналов от РЛС, соответствующих стандарту международной организации ИКАО, и устанавливается на самолетах, выполняющих полеты по международным линиям.

3. Для работы в 3-м диапазоне частот (835...840 МГц) с сигналом горизонтальной поляризации используется комплексная АФС «Пион-НМ», антенны которой расположены под фюзеляжем в носовой части самолета (под обтекателем антенны прицела) и на законцовке правого кия.

При этом антенны типа АЗ-041М работают только на прием, а антенны типа АМ-002М и АФС «Пион-НМ» как на прием, так и на передачу.

### **3. ПРИНЦИП РАБОТЫ САМОЛЕТНОГО ОТВЕТЧИКА СО-69**

#### **3.1. Органы управления самолетным ответчиком СО-69**

Все органы управления и контроля СО-69 располагаются в кабине пилота. В зависимости от типа ЛА органы управления СО могут находиться либо компактно на пульте управления (ПУ), либо отдельно на приборных панелях. В частности, на самолете МИГ-29 имеется ПУ, который располагается в кабине пилота на правой горизонтальной панели.

Рассмотрим назначение органов управления СО-69.

1. Переключатель “Волны” - для установки одной из 2-х фиксированных частот передатчика.

2. Кнопка “Знак” - для передачи сигнала индивидуального выделения самолета на экране диспетчерской РЛС. Эта кнопка нажимается пилотом по команде с земли. При нажатии кнопки «ЗНАК» в ответ на запросы ПРЛ и ДРЛ ответчик передает коды индивидуального опознавания. С помощью схемы выдержки времени сигналы индивидуального опознавания передаются в течение 10-30 с после отпускания кнопки «ЗНАК».
3. Переключатель режимов работы на 3 положения: РСП, УВД, П-35.
4. Кнопка и лампочка “Контроль СО” вынесены с ПУ (они расположены также как и ПУ на правой горизонтальной панели) и используются для запуска проверки работоспособности ответчика встроенным контролем и индикации его работоспособности.

*Режимы работы ответчика.*

“РСП” - режим включается при работе с ДРЛ, не имеющими аппаратуры приема и отображения информации, поступающей с борта, и ПРЛ, не имеющими аппаратуры отдельного кодирования запросов по курсу и глиссаде. Режим “РСП” может использоваться при посадке на аэродром с двумя ПРЛ, диаграммы которых пересекаются.

“УВД” - режим включается при работе с ДРЛ, имеющими аппаратуру отображения информации, поступающей от ответчика, и ПРЛ, имеющими аппаратуру отдельного кодирования запросов курса и глиссады. В режиме «УВД» при работе с ДРЛ ответчик обеспечивает автоматическую передачу информации. Объем передаваемой информации:

- бортовой номер - 100000 номеров;
- высота - до 30 км (с градацией 10м);
- остаток топлива - 16 сообщений.

Для передачи информации о высоте и топливе СО-69 сопрягается с системой воздушных сигналов (СВС) и топливорасходомером.

“П-35” - режим включается при работе с обзорными РЛС типа П-35.

Выбор режима работы и рабочей волны ответчика производится летчиком перед полетом в соответствии с полетным заданием или по команде с земли.

### 3.2. Структура ответного сигнала

В общем случае ответный сигнал содержит координатный код, код ключа и информационный код. Структура ответного сигнала приведена на рис. 4.

Структура ответного сигнала в каждом конкретном случае определяется режимом работы ответчика и видом запросного сигнала. Однако в любом случае ответный сигнал содержит координатный код. В режиме “УВД” при работе с ДРЛ ответный сигнал помимо координатного кода содержит код ключа и информационный код.

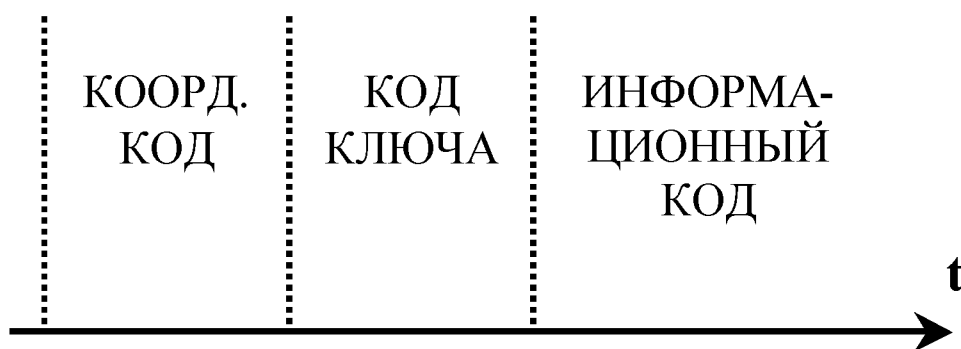


Рис.4. Структура ответного сигнала СО-69

**ВНИМАНИЕ!** При взаимодействии СО-69 с ОРЛ и ПРЛ, а также с ДРЛ в режиме «РСП», ответ содержит только координатный код. Код ключа и код информации не передается.

#### 3.2.1. Координатный код

Координатный код (КК) двухимпульсный. Временной интервал между импульсами зависит от типа запросного сигнала. Однако вид координатного кода может изменяться при передаче сигналов “Авария” и “Знак”.

Все возможные варианты структуры координатного кода приведены в таблице 5.

Таблица 5

	ЗАПРОС	КООРДИНАТН. КОД	КООРД. КОД + “АВАРИЯ”	КООРД. КОД + “ЗНАК”
ОРЛ	одноимпульсный	$t_3 = 4 \text{ мкс}$	не изменяется	+ 3 <sup>й</sup> импульс $t_{332} = 4 \text{ мкс}$
ДРЛ	2 <sup>х</sup> импульсный $t_{31} = 9.4 \text{ мкс}$ $t_{32} = 14 \text{ мкс}$	$t_{31} = 14 \text{ мкс}$ $t_{32} = 11 \text{ мкс}$	+ 3 <sup>й</sup> импульс $t_{323} = 6 \text{ мкс}$	$t_3 = 6 \text{ мкс}$
ПРЛ	2 <sup>х</sup> импульсный $t_{31} = 3.0 \text{ мкс}$ $t_{32} = 5.4 \text{ мкс}$	$t_3 = 9 \text{ мкс}$	не изменяется	$t_3 = 6 \text{ мкс}$

В этой таблице приводится структура КК для различных типов ВРЛ.

**При работе с ОРЛ**, излучающим запрос в виде одного импульса (частота 2700..3100 МГц), ответ СО-69 содержит только КК – два импульса с интервалом 4 мкс. Если в кабине пилота включен тумблер «Авария» (на некоторых типах ЛА он называется «Бедствие»), то вид КК не изменяется. Если же на ПУ СО-69 нажата кнопка «Знак», то к двум импульсам КК добавляется третий, задержанный относительно второго на 4 мкс (см.рис.5).

**При работе с ПРЛ** ответ СО-69 также содержит только КК с интервалом между импульсами 9 мкс. Возможны два варианта запросного кода - с интервалами  $t_{31} = 3.0 \text{ мкс}$  и  $t_{32} = 5.4 \text{ мкс}$ . Причем в режиме «УВД» один из вариантов означает запрос по курсу, а другой – запрос по глиссаде. В режиме «РСП» (используется при наличии на аэродроме двух ПРЛ с пересекающимися ДН) один



из ПРЛ использует запрос  $t_{31} = 3.0$  мкс, а другой -  $t_{32} = 5.4$  мкс. При передаче сигнала «Авария» ответный КК не изменяется, а при передаче сигнала «Знак» изменяется временной интервал между импульсами ( $t_3 = 6$  мкс).

При работе с ДРЛ интервал между импульсами ответного КК будет определяться видом запросного сигнала. Возможны два варианта запросного кода: с интервалами  $t_{31} = 9.4$  мкс и  $t_{32} = 14$  мкс. При получении запроса с интервалом  $t_{31} = 9.4$  мкс (запрос информации о бортовом номере), СО-69 формирует ответный КК с интервалом  $t_{31} = 14$  мкс. При получении запроса с интервалом  $t_{32} = 14$  мкс (запрос информации о высоте полета и остатке топлива), СО-69 формирует ответный КК с интервалом  $t_{32} = 11$  мкс. При передаче сигнала «Знак» изменяется интервал между импульсами КК ( $t_3 = 6$  мкс). В случае передачи сигнала «Авария» к двум импульсам КК добавляется третий, опережающий второй на  $t_{323} = 6$  мкс (см. рис.6).

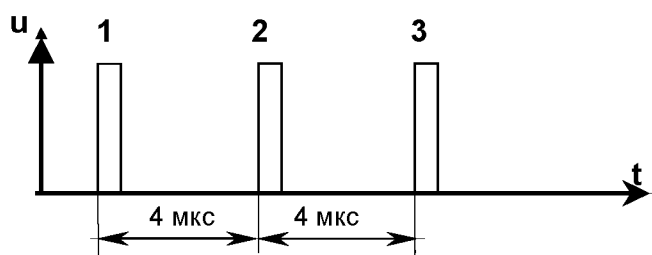


Рис.5. Структура ответного сигнала при работе СО-69 с ОРЛ в случае передачи сигнала «Знак»

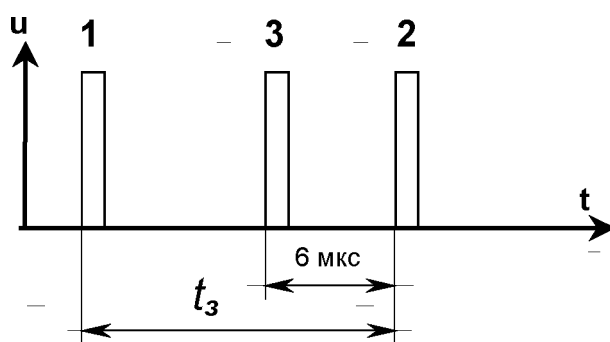


Рис.6. Структура координатного кода при работе СО-69 с ДРЛ в случае передачи сигнала «Авария»

### 3.2.2. Код ключа и информационный код

В режиме “УВД” при работе с ДРЛ ответный сигнал помимо координатного кода содержит код ключа и информационный код.

*Код ключа* - трехимпульсный, его структура различна для каждого из трех слов информации.

*Информационный код (ИК)* содержит 20 разрядов двоичного кода, передаваемых дважды (см. рис. 7) с целью повышения достоверности передаваемой информации.

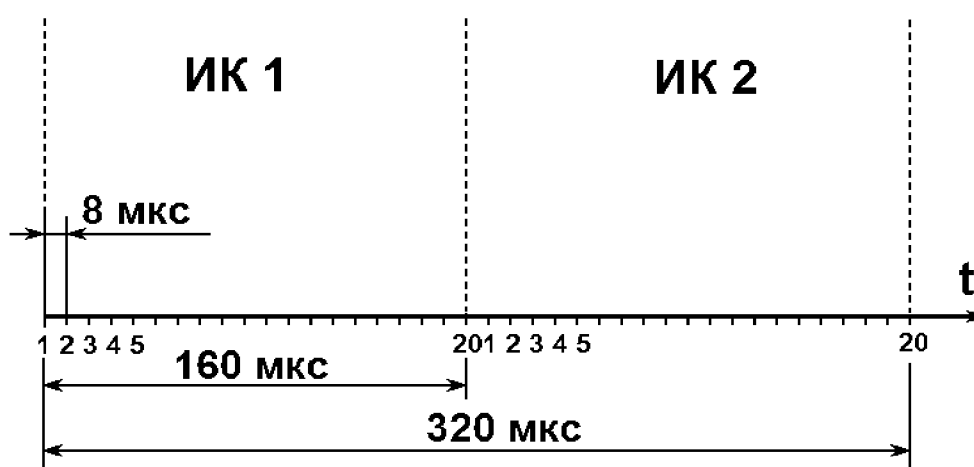


Рис.7. Структура информационного кода

Время, отводимое для передачи одного разряда информации 8 мкс. Временной интервал между импульсами одного разряда передаваемого в первый и второй раз составляет 160 мкс и заполнен импульсами других разрядов. Всего на передачу информационного кода отводится 320 мкс.

Для передачи используется метод “активной паузы” (см. рис.8): символ “0” передается импульсом, запаздывающим на 4 мкс относительно того момента времени, в который бы передавался импульс, обозначающий символ “1”.

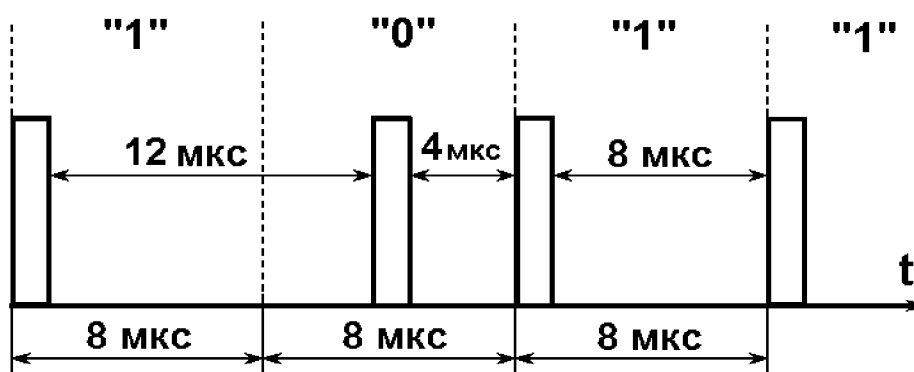


Рис.8. Временная эпюра, поясняющая принцип формирования двоичного кода методом «активной паузы»

Интервал времени между импульсами следующими друг за другом, обозначающими:

- одинаковые символы “1” или “0” равен 8 мкс;
- символы “1” и “0” - 12 мкс;
- символы “0” и “1” - 4 мкс.

Недостатком метода «активной паузы» является необходимость жесткой привязки к временной оси.

Возможно формирование трех слов информации.

1. Бортовой номер самолета (БН).
2. Высота полета самолета и остаток топлива.
3. Третье слово информации, характеризующее исправность некоторых бортовых систем, формируется только по запросу, поступающему от командной радиолинии управления (КРУ). На запуск передатчика СО-69 третье слово не поступает, а выдается в КРУ по специальной линии.

Для кодирования информации о бортовом номере и высоте полета применяется двоично-десятичный код. Для передачи одной десятичной цифры используется 4 разряда двоичного кода, объединенных в декаду.

Для передачи **БН** используются 5 десятичных цифр (от 00000 до 99999), соответственно все слово информации состоит из 5<sup>ти</sup> декад ( $5 \times 4p = 20p$ ): 1-я декада (1..4 разряды) – единицы БН, 2-я декада (5..8 разряды) – десятки БН, 3-я

декада (9..12 разряды) – сотни БН, 4-я декада (13..16 разряды) – тысячи БН и 5-я декада (17..20 разряды) – десятки тысяч БН.

БН выставляется пилотом перед полетом на устройстве набора номера (УНН), которое представляет собой 5 галетных переключателей, установленных на общем корпусе, и располагается на правой горизонтальной панели кабины пилота.

Следует отметить, что первое слово называется бортовым номером условно, т.к. под БН отводятся только 2 десятичных числа, а еще 3 десятичных числа выделяются под личный номер пилота.

Второе слово информации несет информацию о высоте полета самолета и остатке топлива. Код **высоты** занимает 14 разрядов: три декады (1-12 разряды) для кодирования цифр десятков, сотен и тысяч метров и 2 разряда (13 и 14) для передачи цифр десятков километров высоты. При помощи двух разрядов двоичного кода можно закодировать 4 значения: 0, 10, 20, 30 км. Если к максимальному значению 30 км добавить максимальное значение высоты, кодируемое в первых 12 разрядах, то получим, что ответчик может передавать информацию о высоте от 0 до 39990м с шагом 10м.

15-й и 16-й разряды 2 слова информации отводятся для передачи разовых сообщений – абсолютная высота и «Авария». Передача символа «1» в каком-либо из этих разрядов означает передачу того сообщения, для которого отводится этот разряд. Так передача символа «1» в 15<sup>м</sup> разряде означает то, что в предыдущих четырнадцати разрядах передается значение абсолютной высоты, «0» - относительной. Наличие «1» в 16-м разряде означает то, что на борту включен тумблер «Авария».

Для передачи сведений об **остатке топлива** используется специальный 4<sup>х</sup> разрядный код, передаваемый в 17-20 разрядах 2<sup>го</sup> слова информации. При помощи 4-х разрядов двоичного кода можно передать 16 сообщений. Каждому из этих сообщений будет соответствовать определенное значение остатка топлива в процентах (1 сообщение – 0...5% -аварийный остаток топлива, 16 сообщение – 90...100% - полная заправка топливом).

### 3.3. Принцип действия СО-69 по структурной схеме

Принцип действия ответчика заключается в приеме запросных сигналов наземных РЛС и автоматическом излучении ответных кодированных сигналов.

Структурная схема СО-69 приведена в приложении №1.

Рассмотрим принцип действия СО-69 по структурной схеме в различных режимах работы с ДРЛ, ПРЛ и ОРЛ.

**Работа ответчика с ДРЛ** осуществляется в режимах “РСП” и “УВД”.

Запросные сигналы ДРЛ частотой 835...840 МГц горизонтальной поляризации, принятые АФС «Пион-НМ», через ВЧ фильтр ВТ-010 поступают на вход приемопередатчика (ПП), входящего в состав блока СО-69.

На другой вход ПП поступают запросные сигналы ДРЛ частотой 1030 МГц вертикальной поляризации, принятые антенной типа АМ-002М.

С выхода приемопередатчика усиленные и протектированные сигналы поступают на вход шифратора (Ш), где осуществляется подавление запросов от боковых лепестков ДН антенны ДРЛ, декодирование запросных кодов ДРЛ и формирование видеоимпульсов ответных сигналов.

Для формирования информационного кода в режиме «УВД» Ш использует данные, поступающие от устройства набора номера, барометрического выотомера, топливорасходомера и других бортовых систем и датчиков.

Информационный код передается с “разрядкой”, т.е. на каждый запрос ДРЛ в режиме «УВД» излучается ответ, содержащий только координатный код, а один раз на 8...12 запросов излучается полный ответ, содержащий КК, код ключа и ИК. Это связано с тем, что если ответный сигнал содержит только КК, его максимальная длительность составляет 14 мкс. В случае формирования полного ответа, содержащего КК, код ключа и ИК, длительность сигнала составляет 360 мкс. Естественно, что в первом случае (ответ содержит только КК) вероятность наложения ответных сигналов от нескольких самолетов, находящихся на одном азимуте относительно ДРЛ и небольшом удалении друг от

друга, в тракте приемника ДРЛ значительно меньше, чем во втором (полный ответ). Это обеспечивает высокую разрешающую способность ДРЛ по дальности.

Видеоимпульсы ответного кода с Ш поступают на запуск передатчика (блок приемопередатчика), вырабатывающего ВЧ импульсы ответного сигнала. Эти импульсы по общему приемопередающему тракту поступают либо через фильтр ВТ-010 на АФС «Пион-НМ» (если передатчик настроен на частоту 730...750 МГц), либо на антенну АМ-002М (если передатчик настроен на частоту 1030 МГц). ВЧ фильтр ВТ-010 предназначен для дополнительного подавления внеполосного излучения передатчика.

**Работа ответчика с ПРЛ** осуществляется в режимах “РСП” и “УВД”.

Запросные сигналы ПРЛ, принятые антеннами 1<sup>го</sup> и 2<sup>го</sup> диапазонов типа АЗ-041М на частоте 9370 МГц и продетектированные в детекторных секциях, расположенных в непосредственной близости от антенн, поступают на вход блока посадочных сигналов (БПС), в котором осуществляется их усиление, декодирование и подавление запроса от боковых лепестков ДН ПРЛ. С БПС сигнал поступает в Ш, где формируется ответный сигнал (координатный код) для ПРЛ, поступающий затем на запуск передатчика. Работа передающего тракта при взаимодействии СО-69 с ДРЛ, ПРЛ и ОРЛ идентична.

**Работа ответчика с ОРЛ** осуществляется в режиме “П-35”.

Запросные сигналы ОРЛ, принятые антеннами 1<sup>го</sup> и 2<sup>го</sup> диапазонов типа АЗ-041М на частоте 2700...3100 МГц и продетектированные в детекторных секциях, поступают на входы БПС. Усиленные сигналы из БПС поступают в Ш, где формируется ответный сигнал (координатный код) для ОРЛ, поступающий затем на запуск передатчика.

Для повышения надежности работы СО-69 на некоторых типах ЛА используется резервирование БПС (устанавливается два БПС).

В передатчике формируются импульсы для бланкирования других бортовых систем на время ВЧ излучения ответчика. Импульсы бланкирования могут поступать либо непосредственно с блока СО-69, либо через приставку усили-

тельную. Для исключения срабатывания СО-69 от помех, создаваемых передатчиками других систем (непосредственно или через приставку бланкирования) производится запирающее воздействие входа шифратора и приемных каналов 1<sup>го</sup> и 2<sup>го</sup> диапазонов в БПС.

Блок питания предназначен для преобразования 115 В 400 Гц бортовой сети в 36 В 400 Гц, необходимые для работы ответчика, при отсутствии напряжения 36 В 400 Гц на самолете.

По запросам от бортовых систем в Ш может происходить формирование информационного кода, который выдается в соответствующую систему.

Передачик ответчика может запускаться сигналами, поступающими от других бортовых систем по цепи “Внешний запуск”.

Контрольные ВЧ и НЧ разъемы служат для подключения контрольной аппаратуры.

## **4. ПРИНЦИП РАБОТЫ СО-69 ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЕ**

### **4.1. Принцип работы СО-69 в режимах «РСР» и «УВД» с диспетчерскими РЛС**

Функциональная схема СО-69 представлена поочередно в приложениях №2...5.

Принятые антеннами вертикальной и горизонтальной поляризации запросные сигналы 3-го диапазона частот поступают на входы 1Ф1 и 1Ф2 **двухканального супергетеродинного приёмника** блока приемопередатчика (см. приложение №2). Первый канал обеспечивает приём сигналов на частоте 1030 МГц, второй — на частоте 835-840 МГц (среднее значение 837,5 МГц).

Для проверки чувствительности приёмника и мощности передатчика имеются два контрольных ответвителя с ослаблением ~17дБ (1Ф3 и 1Ф4).

Частотная селекция входного сигнала обеспечивается двумя полосовыми фильтрами (преселекторами), находящимися в блоке ВЧ.

В смесителе осуществляется частотное преобразование принятого сигнала. Причем значение частоты сигнала гетеродина определяется как среднеарифметическое значений частот двух приемных каналов  $f_z = (1030 + 837,5) / 2 = 933,75$  МГц, что позволяет добиться одинакового значения промежуточной частоты для обоих каналов  $f_{np} = 1030 - 933,75 = 933,75 - 837,5 = 96,25$  МГц. При этом канал 837,5 МГц будет являться зеркальным для канала 1030 МГц и наоборот.

Преобразованный по частоте сигнал поступает на **усилитель промежуточной частоты**. Во втором каскаде УПЧ предусмотрена регулировка усиления, 3-7 каскады дополнительно нагружены на детекторы, сигналы с которых складываются на сумматоре, что обеспечивает получение **логарифмической амплитудной характеристики** (зависимости  $U_{вых}$  от  $U_{вх}$ ). Такой характеристике свойственно отсутствие амплитудного ограничения выходных сигналов усилителя в широком динамическом диапазоне входных сигналов. Это необходимо для устойчивой работы схемы подавления запросов от боковых лепестков ДН антенны ДРЛ.

С выхода УПЧ усиленные и протестированные запросные сигналы поступают на вход **шифратора** через амортизационную раму. Для упрощения описания принципа действия шифратора СО-69 его функциональная схема разбита на 2 части («Шифратор» и «Шифратор-2») и приведена в приложениях №3 и №4. Элементы схемы «Шифратор» обеспечивают декодирование запроса ДРЛ и формирование ответного координатного кода, а схемы «Шифратор-2» - формирование кода ключа и информационного кода.

На входе схемы «Шифратор» установлены **схема регулирования порога** и **схема ограничения загрузки 3-го диапазона**, которые определяют чувствительность СО-69. Значение реальной чувствительности приемника СО-69 приведено в таблице №2. Однако в некоторых случаях необходимо осуществлять «загружение» этого значения. Такая необходимость возникает тогда, когда самолет находится в зоне действия нескольких ДРЛ. Взаимодействие с каждым из них может привести к перегреву передатчика СО-69 из-за его частого запуска. Если температура передатчика достигнет некоторого верхнего предельного



значения схема выдержки времени и ограничения загрузки блока приемопередатчика отключит его, чтобы не допустить его поломки. При этом отметка самолета исчезнет с экранов наземных диспетчерских служб и появится лишь тогда, когда передатчик начнет работать (температура передатчика снизится до заданного значения). Для того чтобы избежать отключения передатчика используют схемы регулирования порога и ограничения загрузки, которые работают по пороговому принципу и пропускают лишь наиболее мощные сигналы от ДРЛ, расположенных наиболее близко к самолету. Порог ограничителя загрузки определяется количеством и амплитудой декодированных запросов.

**Схема амплитудного сравнения 3-х импульсного подавления** сравнивает амплитуды импульсов запроса P1, P3 и подавления P2. Если амплитуда импульса подавления P2 меньше амплитуды импульсов запроса P1 и P3 на 9 и более децибел (принимается сигнал от главного лепестка ДН антенны ДРЛ), то импульс P2 подавляется и далее проходят только импульсы P1 и P3. В противном случае (принимается сигнал от бокового лепестка ДН) дальше проходят все три импульса.

**Схема бланкирования** не пропускает запросные сигналы при поступлении сигнала “Бланк- $\Sigma$ ” с целью исключения срабатывания ответчика от помех, создаваемых передатчиками других бортовых систем.

В схеме формирования “Бланк- $\Sigma$ ” объединяются и нормируются импульсы бланкирования, поступающие как из самого ответчика, так и из других бортовых систем.

В **нормирователе** запросные сигналы нормируются по амплитуде и длительности.

**Декодирование** запросных сигналов ДРЛ осуществляется на линии задержки декодирования, которая представляет собой микросхему с одним входом и множеством выходов. В случае отсутствия сигнала на входе микросхемы на всех ее выходах будет напряжение, соответствующее логическому «0». При поступлении на вход импульса запроса на выходах микросхемы последователь-

но, начиная от вывода, соответствующего минимальной задержке, будет появляться напряжение соответствующее логической «1».

Декодирование запроса, состоящего из двух импульсов с интервалом 9.4 мкс, происходит следующим образом. К моменту поступления на линию задержки декодирования второго импульса запроса первый импульс успевает продвинуться по ней до отвода, соответствующего задержке 9.4 мкс. В случае появления напряжения логической «1» на отводах линии задержки 0 и 9,4 мкс срабатывает схема совпадения «И» (декодирование 9,4 мкс), т.е. происходит декодирование запроса. Аналогичным образом декодируется запрос с интервалом между импульсами 14 мкс.

В случае когда принят запрос от бокового лепестка ДН антенны ДРЛ на линию задержки декодирования поступают три импульса Р1, Р2 и Р3. Т.к. временной интервал между импульсами Р1 и Р2 составляет 2 мкс, то срабатывает схема совпадения «И» (декодирование 2 мкс) и формирователь запрета вырабатывает сигнал, запрещающий декодирование запросных кодов. Таким образом осуществляется подавление запросов от боковых лепестков ДН антенны ДРЛ.

Если на пульте управления ответчика выбран режим «УВД» и декодирован запрос ДРЛ 9,4 мкс, то ответный сигнал СО-69 будет содержать координатный код (интервал 14 мкс) (см. таблицу 5), код ключа и информационный код бортового номера. В случае декодирования запроса 14 мкс – координатный код (интервал 11 мкс), код ключа и информационный код высоты полета и остатка топлива.

Если же на пульте управления ответчика выбран режим «РСП», то ответ содержит только координатный код (при декодировании запроса 9,4 мкс с интервалом 14 мкс, при декодировании запроса 14 мкс с интервалом 11 мкс).

Декодированный запрос со схем совпадения «И» поступает на соответствующий отвод линии задержки кодирования для формирования ответного координатного кода, а также через схему сложения «ИЛИ» на ограничитель загрузки 3-го диапазона, задача которого определить количество декодированных запросов в единицу времени.

Ответный координатный код (КК) формируется с помощью линии задержки кодирования. В ответ на запросы ДРЛ и ПРЛ (режимы «УВД» и «РСП») КК снимается с отвода 19 линии задержки кодирования, а в ответ на запрос ОРЛ (режим «П-35») – с 3-го отвода. Далее координатный код поступает на вход диодных схем сложения «ИЛИ», на другой вход которых могут поступать дополнительные импульсы в случае передачи сигналов «Авария» или «Знак» (структура КК в различных ситуациях приведена в таблице №5). Выбор схемы сложения «ИЛИ», с которой снимается КК, осуществляется реле Р2-6.

Реле Р2-1, Р2-2 и Р2-3 позволяют сформировать КК заданного вида при передаче сигнала «Знак» в режимах «УВД» и «РСП».

Сформированный ответный координатный код через контакты реле Р2-6, Р2-7 и схему «ИЛИ» поступает одновременно на схему индикации схемы «Шифратор-2» (через нормально замкнутые контакты реле Р7-2) и коммутирующее устройство. С выхода коммутирующего устройства сигналы поступают на **подмодулятор** приемопередатчика, где нормируются по длительности и усиливаются по мощности. В подмодуляторе вырабатываются также импульсы бланкирования, поступающие в другие бортовые системы. При необходимости бланкирования других систем импульсами с иными параметрами, эти импульсы поступают на приставку усилительную, задача которой - сформировать импульсы заданной формы.

Импульсы **модулятора** возбуждают колебания **задающего генератора**, которые затем усиливаются по мощности и по ВЧ тракту через ФНЧ и фильтр ВТ-010 поступают в антенну. ФНЧ и фильтр ВТ-010 предназначены для подавления внеполосного излучения передатчика.

Во время излучения передатчиком ВЧ сигнала, на входе приёмных каналов СО-69 наводится сигнал, который усиливается УПЧ и поступает на вход шифратора. Схема бланкирования не пропускает его на линию задержки декодирования, но со входа схемы ограничения загрузки 3-го диапазона этот сигнал поступает на схему индикации, расположенную в схеме «Шифратор-2». В схеме индикации происходит совпадение по времени этого сигнала и видеоим-

пульсов координатного кода, поступающих с выхода шифратора (схемы «ИЛИ»), в результате чего схема индикации срабатывает и в кабине пилота загорается лампочка «Контроль СО». Пилот по свечению этой лампочки может судить о работоспособности СО-69.

При использовании общего приемопередающего тракта возникает необходимость разделения сигналов частот передатчика и приёмника для того, чтобы мощный сигнал передатчика не попал в тракт приемника и не вывел его из строя, а принимаемый сигнал не попал в тракт передатчика, тем самым, шунтируя приемник и снижая его чувствительность. В данном случае эта проблема решается при помощи **частотноразделительных тройников**, образуемых отрезками коаксиальных линий. Принцип работы этих тройников заключается в следующем. Длина коаксиального кабеля от общей точки приемопередающего тракта до входа полосового фильтра выбирается такой, чтобы обеспечить максимально высокое сопротивление для сигнала частоты передатчика, благодаря чему энергия передатчика почти полностью направляется в антенну. Длина коаксиального кабеля от общей точки до входа передатчика Ф7 (включая фильтр нижних частот и соединительный кабель) выбирается такой, чтобы обеспечить максимально высокое сопротивление для сигнала приёмных частот, благодаря чему энергия принимаемого сигнала почти полностью направляется на вход приёмника.

Мощность передатчика в импульсе составляет не менее 250 Вт. Передатчик настраивается на 2 любые частоты из 4-х возможных. Переключение частоты осуществляется с пульта управления тумблером «Волны» (при выборе второй волны на *pin*-диоды подается напряжение смещения, запирая их). Питание анодов ламп передатчика осуществляется от высоковольтного выпрямителя.

**Схема выдержки времени и ограничения загрузки** обеспечивает задержку включения высоковольтного выпрямителя на время 25-100 сек, необходимое для прогрева катодов ламп, а также автоматическое выключение передатчика при его перегреве из-за большой частоты запуска.

**Низковольтный выпрямитель** вырабатывает напряжения накала и смещения для ламп передатчика, а также напряжения питания модулятора и схемы перестройки частоты.

*В режиме «УВД» в ответ на запрос ДРЛ кроме координатного кода, ответчик вырабатывает код ключа и информационный код.*

### ***Формирование кода ключа и информационного кода.***

Формирование кода ключа и информационного кода происходит в схеме «Шифратор-2» (см. приложение №4).

На запрос ДРЛ с интервалом между импульсами 9,4 мкс СО-69 формирует информационный код, содержащий пятизначный бортовой номер (1-ое информационное слово), а на запрос с интервалом 14 мкс - сведения о высоте полета и остатке топлива (2-ое информационное слово).

При подаче управляющего напряжения "+27В УВД" на реле Р2-4, Р2-5 схемы «Шифратор» декодированные запросы ДРЛ («Запрос БН» или «Запрос ТИ») поступают на делитель частоты запуска схемы «Шифратор-2», который осуществляет "разрядку" запросов. Разрядка заключается в том, что полная ответная посылка (координатный код, код ключа и информационный код) излучается лишь один раз на 8-12 запросов ДРЛ (частота запросов 500 Гц), а в остальных случаях передается ответ, содержащий только координатный код.

Кроме того, делитель частоты запуска вырабатывает стартовые команды, которые обеспечивают:

- начальную установку сдвигового регистра и кварцевого калибратора ("Установка 0");
- запуск кварцевого калибратора ("Старт общий");
- опрос (через усилитель опроса) преобразователя вал-код ("Старт ТИ");
- запись в разряды сдвигового регистра (через коммутатор записи) кода ключа и 1-го или 2-го слова информации (в зависимости от команды "Старт БН" или "Старт ТИ").

**Кварцевый калибратор** формирует импульсные последовательности для осуществления точной временной привязки позиций импульсов в информационном коде («Гребенка на сдвиг» и «Гребенка на перепись») и импульсы бланкирования, поступающие в шифратор СО-69 и другие бортовые системы.

По команде "Старт БН" или "Старт ТИ" информация, поступающая в СО-69 в виде параллельного кода через коммутаторы, записывается в **сдвиговый регистр**, осуществляющий преобразование параллельного кода в последовательный.

В схеме «Шифратор-2» установлено 4 коммутатора: коммутатор 1-го слова (1-20 разряды), коммутатор 2-го и 3-го слова (17-20р), коммутатор 2-го слова (15-16р) и коммутатор 3 слова (1-16р). Наличие коммутатора 2 и 3 слова (17-20р) обусловлено тем, что во втором и третьем слове информации в 17...20 разрядах содержится одинаковая информация (остаток топлива).

Сдвиговый регистр состоит из 23 разрядов: 3 разряда для кода ключа и 20 для информационного кода (информационный регистр). Запись кода ключа и кода информации в регистр производится параллельным кодом, то есть одновременно во все 23 разряда.

Для кодирования значения бортового номера служит **устройство набора номера** (УНН). Передаваемый СО-69 номер самолета (экипажа) набирается пилотом на УНН перед полетом, путем переключения пяти галетных переключателей (пять десятичных цифр).

По команде "Старт БН" в первые 3 разряда сдвигового регистра записывается код ключа «110», коммутатор 1-го слова (1-20р) открывается (все остальные коммутаторы закрыты). При этом 20 разрядов двоичного кода от УНН записываются в регистр информационный.

Кодирование значения высоты полета осуществляется в **преобразователе высоты**, представляющем собой преобразователь аналог-код. Напряжение, пропорциональное текущему значению высоты, поступающее от барометрического высотомера в аналоговом виде, преобразуется в двоично-десятичный код.

Преобразователь высоты состоит из следящей системы и преобразователя вал-код. В случае неравенства напряжений, поступающих от высотомера и от потенциометра обратной связи преобразователя, на выходе вычитающего устройства появляется разностный сигнал, который через усилитель обработки подается на управляющую обмотку двигателя. В результате чего двигатель вращается, перемещая через кинематическую цепь механизма следящей системы движок потенциометра обратной связи в сторону уменьшения разностного сигнала, до тех пор, пока разностный сигнал не станет равным нулю. Одновременно двигатель поворачивает и ось преобразователя вал-код на угол, пропорциональный значению высоты. В преобразователе вал-код осуществляется бесконтактное преобразование аналогового значения угла поворота в 14-разрядный двоично-десятичный код.

Непосредственно около потенциометра обратной связи на схеме преобразователя высоты располагаются два переменных резистора «0м» и «30т.м», при помощи которых осуществляется калибровка преобразователя высоты.

Информация о топливе подается в СО-69 в виде 4-х разрядного параллельного двоичного кода напряжением +27В. В делителе напряжения уровень напряжения снижается до 1,15-3В для нормальной работы микросхем.

По команде «Старт ТИ» в первые три разряда сдвигового регистра записывается код ключа «000», коммутаторы 2-го слова (15-16р) и 2-го и 3-го слова (17-20р) открываются (коммутаторы 1-го (1-20р) и 3-го (1-16р) слов закрыты).

При поступлении команды «Старт ТИ» от делителя частоты запуска через усилитель опроса на преобразователь вал-код с его магнитных головок снимается 14-ти разрядный параллельный двоичный код высоты, который через расширитель 1-14 разрядов, минуя коммутаторы слов, записывается в 1...14 разряды регистра информационного. В 15...20 разряды этого регистра записывается информация от бортовых датчиков через делитель напряжения и соответствующие коммутаторы.

С помощью последовательностей импульсов ("гребенок" сдвига и переписи), поступающих от кварцевого калибратора, осуществляется последовательный сдвиг информации, записанной в регистр (справа налево по схеме).

Разряды информационного регистра охвачены обратной связью (с 1-го разряда на 20-й). Благодаря чему, параллельно с выводом каждого информационного символа из начала регистра, происходит повторная запись этого символа в его конец.

При прохождении 43 импульсов «гребенки» последовательно во времени с 1-го разряда сдвигового регистра снимаются 3 символа ключа и 40 информационных символов, которые поступают далее на схему совпадения «И»("1") или «И»("0"), где и формируются видеоимпульсы кода ключа и информационного кода. Если с выхода регистра снимается символ «0», то сформированный на схеме совпадения «И»(«0») импульс подается на схему формирования "активной паузы", где импульс задерживается на 4 мкс. Через схему сложения «ИЛИ» сформированные импульсы выдаются на схему сложения «ИЛИ» схемы «Шифратор», где они объединяются с видеоимпульсами координатного кода, и через коммутирующее устройство подаются в подмодулятор передатчика.

#### **4.2. Принцип работы СО-69 в режимах «РСП» и «УВД» с посадочными РЛС**

Принятые антеннами 1-го диапазона запросные сигналы ПРЛ детектируются в детекторных секциях и поступают на входы (2Ф1-2Ф4) **блока посадочных сигналов**. Затем они складываются на схеме сложения сигналов 1 диапазона и через нормально замкнутые контакты реле Р1-1 поступают на усилитель видеосигналов с логарифмической амплитудной характеристикой. Такой характеристике свойственно отсутствие амплитудного ограничения выходных сигналов усилителя в широком динамическом диапазоне входных сигналов, что необходимо для устойчивой работы схемы подавления запросов от боковых лепестков ДН ПРЛ.



ПРЛ осуществляет запрос ответчика двухимпульсным сигналом. Временной интервал между импульсами может принимать два значения – 3,0 мкс и 5,4 мкс (см. таблицу 5). Соответственно и БПС имеет два канала: один для обработки запросов с интервалом 3,0 мкс, а другой – 5,4 мкс. Причем каждый из этих каналов содержит две цепи: цепь декодирования запросов, состоящую из схемы сравнения, усилителя и схемы декодирования запроса, и цепь регулирования порога, состоящую из схемы сравнения, усилителя, схемы декодирования запроса и схемы формирования порога канала. Вторая цепь необходима для реализации порогового принципа подавления запросов от боковых лепестков ДН ПРЛ.

Ввиду того, что состав и принцип действия каналов 3,0 мкс и 5,4 мкс идентичны, рассмотрим работу одного из них.

Допустим, принят запрос с временным интервалом 3,0 мкс.

**Подавление запросов от боковых лепестков ДН антенн ПРЛ** осуществляется следующим образом. При принятии запроса от основного лепестка ДН амплитуда запросных импульсов превышает порог, установленный в схемах сравнения, и запрос проходит на усилители канала 3,0 мкс. В противном случае (при приеме запроса от бокового лепестка ДН антенны ПРЛ) схема сравнения импульсы не пропускает.

Значение порога для схемы сравнения формируется следующим образом. При наличии разрешающего сигнала на схеме декодирования запроса 3,0 мкс цепи регулирования порога двухимпульсный код проходит через эту схему и поступает на схему формирования порога канала 3,0 мкс, где запоминается в виде напряжения его амплитуда. При помощи резистивного делителя часть этого напряжения выставляется в качестве порога в схемах сравнения. Причем в режиме «УВД» значение порога будет больше, чем в режиме «РСП».

Необходимость снижения порога в режиме «РСП» обусловлена тем, что этот режим используется в том случае, когда запросы ПРЛ и по курсу, и по глиссаде кодируются одинаковым кодом (оба запроса имеют одинаковый временной интервал между импульсами) и обрабатываются, соответственно, од-

ним каналом БПС ответчика. Однако запросы по курсу и глассаде излучаются разными антенными системами ПРЛ. Следовательно, в точке приема амплитуда запросных сигналов будет отличаться. Поэтому в режиме «РСП» возможна такая ситуация, когда, выставив порог, например, по более мощному запросу по глассаде, менее мощный запрос по курсу не превысит порог в схеме сравнения, а, следовательно, ответ на него не будет сформирован. В режиме «УВД» запросы по курсу и глассаде кодируются разными кодами (временные интервалы между импульсами различные) и, соответственно, обрабатываются разными каналами БПС.

Далее рассмотрим каким образом производится **декодирование запросного сигнала**.

Как было отмечено ранее, ПРЛ излучает двухимпульсный запрос. Первый импульс запроса, пройдя схему сравнения и усилитель канала 3,0 мкс цепи декодирования запроса, поступает одновременно на схему декодирования запроса 3,0 мкс и схему бланкирования. Алгоритм работы схемы декодирования запроса схож с алгоритмом работы логической схемы «И», т.е. при наличии сигналов на обоих входах этой схемы на ее выходе появляется сигнал. В момент поступления первого импульса на схему декодирования запроса 3,0 мкс на втором ее входе разрешающего сигнала нет. Поэтому импульс запроса через нее не проходит.

В случае отсутствия сигнала «Бланк-Σ» первый импульс запроса проходит схему бланкирования и попадает на формирователь, где происходит преобразование импульса к прямоугольному виду. Далее прямоугольный импульс поступает на линию задержки декодирования запроса ПРЛ. К моменту поступления второго импульса запроса на канал декодирования запроса 3,0 мкс первый импульс успевает продвинуться по линии задержки до отвода, соответствующего задержке 3,0 мкс. При этом становится разрешающим сигналом для схем декодирования запроса канала 3,0 мкс. Поэтому второй импульс запроса 3,0 мкс проходит через эти схемы и поступает далее:

- в цепи формирования порога на схему формирования порога канала 3,0 мкс, где запоминается (заданная часть этого напряжения выставляется в качестве порога на схемы сравнения);

- в цепи декодирования запроса через схему усиления и формирования, контакты реле РЗ-1 на выход БПС (2Ф10) и далее в блок шифратора через разъем 1Ф9 (1Ф10) рамы.

Работа каналов в режиме «РСП» и «УВД» идентична, за исключением значения порогового напряжения, используемого для подавления запросов от боковых лепестков ДН антенн ПРЛ.

Декодированные запросные сигналы ПРЛ в виде одиночных импульсов поступают на вход **шифраторов** через разъем рамы 1Ф9 (от БПС-1). Эти импульсы проходят через схему «ИЛИ», контакты реле Р4-5, схему регулирования порога, нормально замкнутые контакты реле Р1-1, усилитель и подаются одновременно на ограничитель загрузки 1-го и 2-го диапазонов, а также на линию задержки кодирования (через нормально замкнутые контакты реле Р2-1). Назначение схемы регулирования порога и ограничителя загрузки 1-го и 2-го диапазонов совпадает с назначением аналогичных схем канала обработки запросов ДРЛ. Сформированный на линии задержки кодирования ответный координатный код подается по описанной ранее цепи (см. подраздел 4.1) на запуск передатчика.

При комплектовании СО-69 двумя БПС сигналы с выхода 2-го БПС поступают на вход 1Ф10 шифратора СО-69.

#### **4.3. Принцип работы СО-69 в режиме «П-35»**

Взаимодействие СО-69 с ОРЛ осуществляется в режиме «П-35». При этом запросы ОРЛ также как и запросы ПРЛ обрабатываются в блоке посадочных сигналов. Однако в отличие от запросов ПРЛ, запросы ОРЛ не декодируются, т.к. ОРЛ излучает одноимпульсный запрос (см. таблицу 5). Кроме того, в

режиме «П-35» не ведется борьба с запросами от боковых лепестков диаграммы направленности ОРЛ.

Рассмотрим цепь прохождения сигнала в режиме «П-35».

Принятые антеннами 2-го диапазона и протестированные в детекторных секциях запросы ОРЛ поступают на входы 2Ф5-2Ф8 БПС. Через схему сложения сигналов 2-го диапазона и нормально разомкнутые контакты реле Р1-1 сигналы далее поступают на логарифмический усилитель видеосигналов и схемы сравнения каналов 3,0 и 5,4 мкс. Ввиду того, что запрос ответчика в режиме «П-35» производится одноимпульсным сигналом, пороговое напряжение в каналах не вырабатывается (схемы декодирования запросов 3,0 и 5,4 мкс закрыты), и сигналы запроса беспрепятственно проходят через схемы сравнения на усилители цепей декодирования запроса каналов 3,0 и 5,4 мкс. Далее через схему бланкирования, формирователь, нормально разомкнутые контакты реле Р3-1 и выход БПС (2Ф10) импульсы запроса поступают на вход 1Ф9 (от БПС-1) шифратора.

В **шифраторе** запросы ОРЛ проходят по следующей цепи: схема «ИЛИ», нормально замкнутые контакты реле Р4-5, схема регулирования порога, нормально разомкнутые контакты реле Р1-1, нормирователь видеосигналов, нормально разомкнутые контакты реле Р1-2. Далее сигнал одновременно поступает на ограничитель загрузки 1-го и 2-го диапазонов, а также на линию задержки кодирования. Ограничитель загрузки 1-го и 2-го диапазонов выполняет ту же роль, что и ограничитель загрузки 3-го диапазона. Сформированный на линии задержки кодирования ответный сигнал (координатный код) через схему «ИЛИ координатные коды П-35», нормально разомкнутые контакты реле Р2-6, нормально замкнутые контакты реле Р2-7, схему «ИЛИ» и коммутирующее устройство подается на запуск передатчика.

В случае, когда пилот нажимает кнопку «**Знак**» к двум импульсам координатного кода посредством схемы совпадения «И» и схемы сложения («ИЛИ координатный код П-35») добавляется третий импульс (см. таблицу 5).

Код ключа и информационный код в ответ на запросы ОРЛ и ПРЛ не вырабатываются.

#### 4.4. Принцип работы СО-69 в режиме “Контроль”

Запуск режима «Контроль» в СО-69 осуществляется нажатием кнопки «Контроль СО», находящейся в кабине пилота. При этом в СО-69 вырабатывается управляющее напряжение «+27В Контроль», которое обеспечивает формирование и прохождение тестового сигнала через блоки ответчика.

При поступлении управляющего напряжения "+27В Контроль" делитель частоты запуска схемы «Шифратор-2» формирует импульс контроля, который через усилитель платы контроля и индикации поступает на линию задержки кодирования схемы «Шифратор». Линия задержки кодирования формирует двухимпульсный контрольный код с интервалом между импульсами 14 мкс, который через схему «ИЛИ координатные коды ПРЛ и ДРЛ», нормально замкнутые контакты реле Р2-6 и нормально разомкнутые контакты реле Р2-7 поступает на вход БПС (контакт 2Ш1-2).

Контрольный код проходит через схемы сложения сигналов 1-го и 2-го диапазонов, логарифмический усилитель видеосигналов, схемы сравнения и усилители цепей декодирования запросов каналов 3,0 и 5,4 мкс, схему бланкирования, формирователь, нормально разомкнутые контакты реле Р3-1 (это реле отключает декодирующую часть схемы БПС) и поступают на выход БПС (2Ф10) и далее на вход 1Ф9 (от БПС-1) шифратора. При этом управляющее напряжение «+27В контроль», которое поступает на схемы формирования порога каналов 3,0 и 5,4 мкс БПС, снимает пороговое напряжение на схемах сравнения, обеспечивая прохождение контрольного сигнала даже при наличии запросов ПРЛ.

В шифраторе контрольный код проходит по следующей цепи: схема «ИЛИ», нормально -замкнутые контакты реле Р4-5, схема регулирования порога, нормально разомкнутые контакты реле Р1-1, нормирователь видеосигналов,

нормально замкнутые контакты реле P1-2, линия задержки декодирования. На схеме «И» (декодирование 14 мкс) происходит совпадение двух импульсов (незадержанного во времени второго импульса и задержанного на 14 мкс первого) и эта схема вырабатывает импульс ("Запрос ТИ"), который через нормально разомкнутое реле P2-5 поступает на делитель частоты запуска схемы «**Шифратор-2**».

При поступлении запроса делитель частоты запуска формирует команду "Старт ТИ", по которой в режиме «Контроль» в три последних разряда (18-20) информационного регистра записывается контрольный код «101». Запись информации о высоте в режиме "Контроль" в регистр не производится, так как на усилитель опроса не подается питающее напряжение. После продвижения контрольного кода через весь сдвиговый регистр на схемах совпадения «И» («1») и «И» («0») должны формироваться 3 импульса, соответствующих коду «101» (см. рис.8). Однако в режиме «Контроль» управляющим напряжением +27В запирается схема совпадения «И» («0»). В результате чего через схему «ИЛИ» в **шифратор** поступают только 2 импульса с интервалом 16 мкс (символы "1"), которые подаются затем на запуск передатчика. В свою очередь **передатчик** формирует ВЧ импульсы, которые через АФС излучаются в пространство. При этом на входе **приемника** наводятся два импульса, которые через УПЧ поступают в шифратор. Со входа схемы ограничения загрузки 3-го диапазона эти импульсы попадают на схему индикации платы контроля и индикации «**Шифратора-2**». На другой вход этой схемы поступает импульс со схемы совпадения, которая регистрирует момент прохождения контрольного кода через первые три разряда информационного регистра. При наличии сигналов на обоих входах схемы индикации выдается питающее напряжение на индикаторные лампочки «Контроль СО», расположенные на передней панели блока шифратора и в кабине пилота, свечение которых свидетельствует об исправности СО-69.

Таким образом, режим встроенного контроля позволяет протестировать всю схему СО-69 за исключением преобразователя высоты.

## 5. СОПРЯЖЕНИЕ САМОЛЕТНОГО ОТВЕТЧИКА СО-69 С БОРТОВЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ САМОЛЕТА МИГ-29

В процессе работы СО-69 взаимодействует с изделиями 6201, А-323 и Л006 во всех режимах функционирования, а также системой воздушных сигналов (СВС) и топливорасходомером в режиме "УВД".

**Система воздушных сигналов** служит датчиком барометрической высоты. Информация о значении относительной высоты поступает в ответчик в виде напряжения, пропорционального этому значению. В шифраторе ответчика это напряжение преобразовывается в импульсный двоично-десятичный код (информационный код).

Для проверки соответствия информационного кода высоты СО-69 показаниям барометрического высотомера может использоваться прибор КАСО-1.

Информация об остатке топлива поступает в ответчик от **топливорасходомера** в виде четырехразрядного параллельного кода, при помощи которого возможно кодирование 16 сообщений. Символ "1" передается напряжением +27 В, символ "0" разрывом цепи.

Значение остатка топлива, передаваемое ответчиком, имеет дискретные значения (шаг дискретности в интервале от 100% до 50% запаса топлива составляет 10% , а в интервале от 50% до 0% запаса топлива - 5%).

Взаимодействие с **аппаратурой опознавания (изд. 6201)** происходит во всех режимах работы СО-69.

По сигналам вызова информации "Запрос N62" или "Запрос H62", поступающим из аппаратуры 6201 на входы 1Ш2-20 и 1Ш2-21 шифратора (см. функциональную схему шифратора), СО-69 формирует, соответственно, информацию о бортовом номере или высоте полета и остатке топлива (первое или второе информационное слово). Эта информация выдается в изд.6201.

Кроме того, в изд. 6201 может поступать суммарный протестированный сигнал от антенн 1-го и 2-го диапазонов (с выходов 2Ф9 и 2Ф11 БПС).

Особое место во взаимосвязи СО-69 с другими бортовыми системами занимает **сопряжение по цепям бланкирования**, которые позволяют решить проблему электромагнитной совместимости бортового РЭО, работающего в импульсном режиме в одинаковом диапазоне частот. Для исключения срабатывания СО-69 от помех, создаваемых передающими устройствами других бортовых систем, в ответчике имеется ряд входов, на которые поступают бланкирующие импульсы. В то же время, для бланкирования других бортовых систем на время излучения ВЧ импульсов СО-69, ответчик формирует и выдает импульсы бланкирования. Для решения этих задач в составе СО-69 имеются приставка бланкирования и приставка усилительная, которые осуществляют сложение, расширение и инвертирование бланкирующих импульсов.

В СО-69 поступают импульсы бланкирования от изд.6201 и изд.А-323. В свою очередь, СО-69 вырабатывает импульсы для бланкирования изд.6201, изд.А-323 и станции предупреждения об облучении СПО-15.

## **6. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СО-69**

Главной задачей технической эксплуатации СО-69 является обеспечение его безотказной работы в процессе выполнения боевого задания, что достигается поддержанием его в постоянной исправности.

Высокий уровень эксплуатации может быть достигнут за счет глубоких знаний специалистами по РЭО теоретических основ построения СО-69, его конструкции, правил эксплуатации и ремонта. Кроме того, технический состав, выполняющий подготовку и проверку СО-69, должен уметь пользоваться контрольно-поверочной аппаратурой (КПА).

Перед каждым полетом пилот должен установить на устройстве набора номера СО-69 значение бортового и своего личного номера.



Основной элементной базы СО-69 являются микроэлектронные изделия, которые неустойчивы к электрическим перегрузкам. Поэтому необходимо в первую очередь подсоединять металлизацию при монтаже блоков шифратора, приемопередатчика и БПС на самолет и отсоединять металлизацию в последнюю очередь при демонтаже.

Особенность выполнения регулировки частоты или мощности передатчика СО-69 состоит в том, что регулировка одного из этих параметров оказывает влияние на другой. Поэтому после подстройки частоты необходимо проверить значение мощности и, если потребовалась регулировка мощности, то затем вновь проверить значение частоты передатчика.

Другие особенности технической эксплуатации СО-69 изложены в методическом пособии «Особенности эксплуатации и восстановления самолетных ответчиков СО-69» выпуск 4442, войсковая часть 75360, 1980 г. Основное содержание этого пособия составляют методические рекомендации по поиску неисправностей и способам восстановления ответчиков.

Самолетный ответчик СО-69 имеет встроенную систему контроля. Проверка с помощью встроенного контроля осуществляется при нажатии кнопки "Контроль СО". Индикацией работоспособности ответчика служит непрерывное горение лампы "Контроль СО". Если лампа "Контроль СО" не горит, то необходимо произвести поблочную проверку ответчика с помощью прибора КАСО-1, подключаемого к контрольным разъемам самолета. Встроенным контролем (без дополнительной аппаратуры) проверяют исправность СО-69 при выполнении различных видов подготовки самолета непосредственно в день полетов. Оперативная проверка работоспособности СО-69 с помощью системы встроенного контроля возможна и на земле, и в процессе полёта.

При проведении ремонтных работ и для проверки исправности ответчика во время проведения регламентных работ, т.е. для детальной проверки ответчика, могут применяться контрольные приборы ПС16-521, КАСО-1, КАСО-2, ИМО-65 и другие.

**Прибор ИМО-65** предназначен для измерения ВЧ импульсной мощности.

**Приборы КАСО-1, КАСО-2** представляют собой имитаторы сигналов наземных радиолокаторов и позволяют контролировать основные параметры ответчиков. Прибор КАСО-1 позволяет детально проверить низкочастотный тракт СО-69, а КАСО-2 даёт возможность проверки исправности СО-69 в целом, включая антенно-фидерную систему.

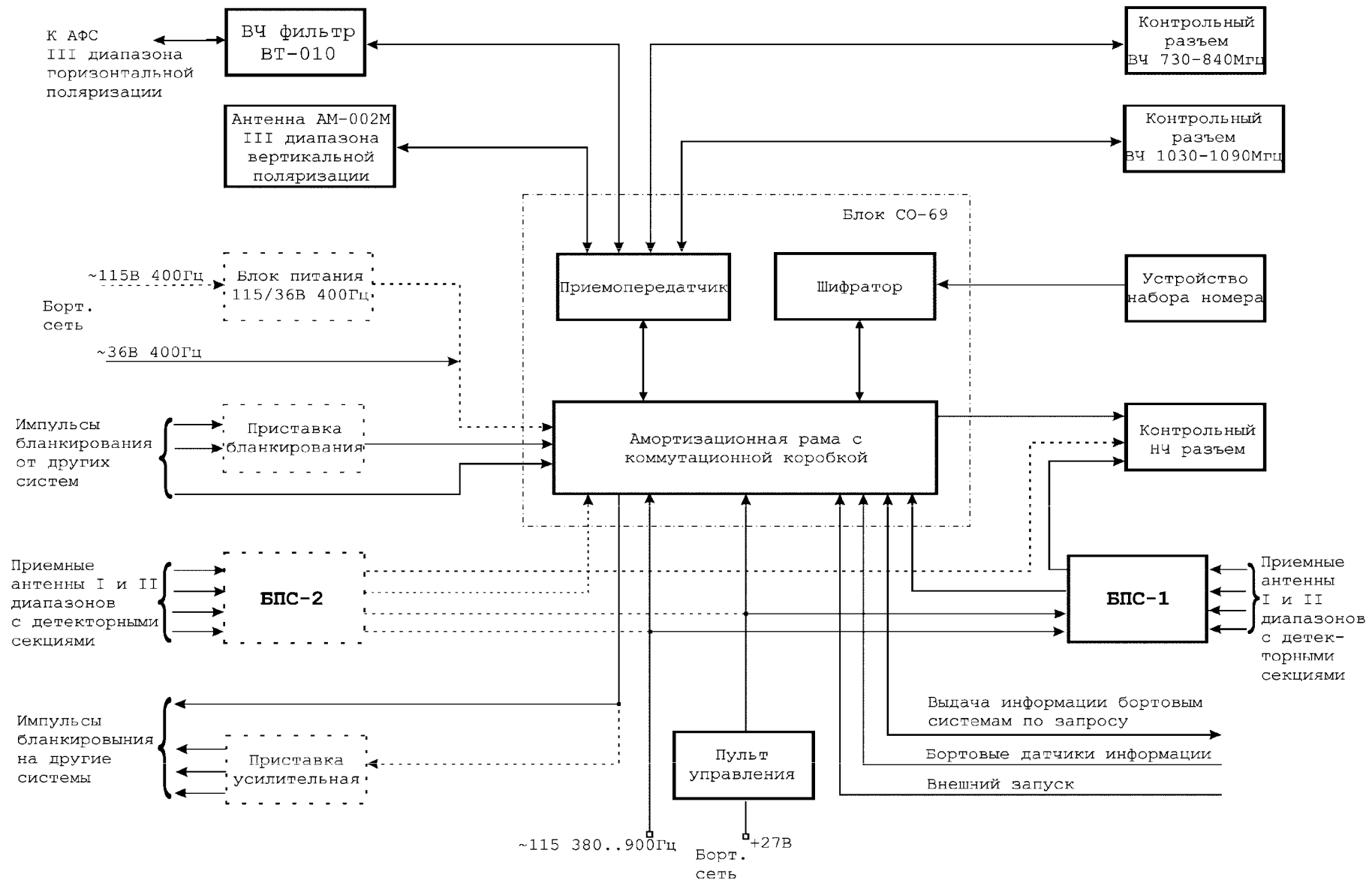
Более современным прибором, объединяющим возможности КАСО-1 и КАСО-2 является **прибор ПС 16-521**. Он представляет собой переносный имитатор сигналов наземных радиолокаторов и обеспечивает проверку работоспособности СО-69, допусковый контроль несущих частот, оценку кодированных ответных сигналов и проверку работоспособности детекторных секций приемных антенн 1-го и 2-го диапазонов. Проверка может осуществляться как по эфиру, так и на стенде.

При проведении ремонтных работ блоки ответчика снимаются с самолета и проверяются с помощью эксплуатационно-ремонтного пульта **ЭРП-СО-69**, который позволяет контролировать исправность как всего комплекта СО-69, так и его отдельных блоков. Одновременно к пульта для контроля можно подключить или один комплект СО-69, или один его блок.

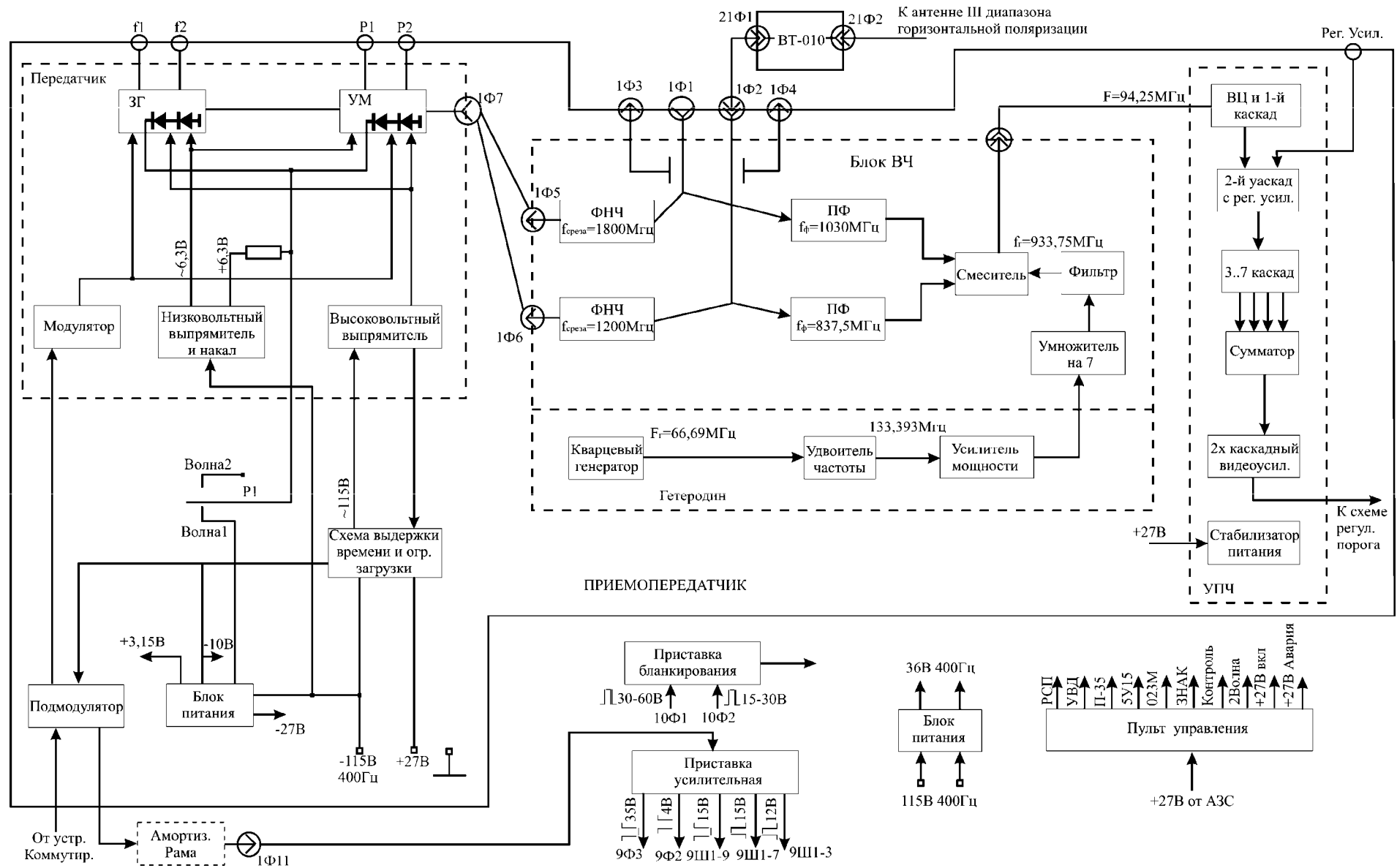
Наряду с сервисной аппаратурой для проверки СО-69 используется также аппаратура общего назначения: генераторы (Г4-77, Г5-28, Г4-32А), амперметры, частотомеры (Ч2-8) и др.

Глубокое знание аппаратуры самолетного ответчика, КПА, порядка ее эксплуатации позволяет успешно решать поставленные перед личным составом задачи по подготовке СО-69 к полетам.

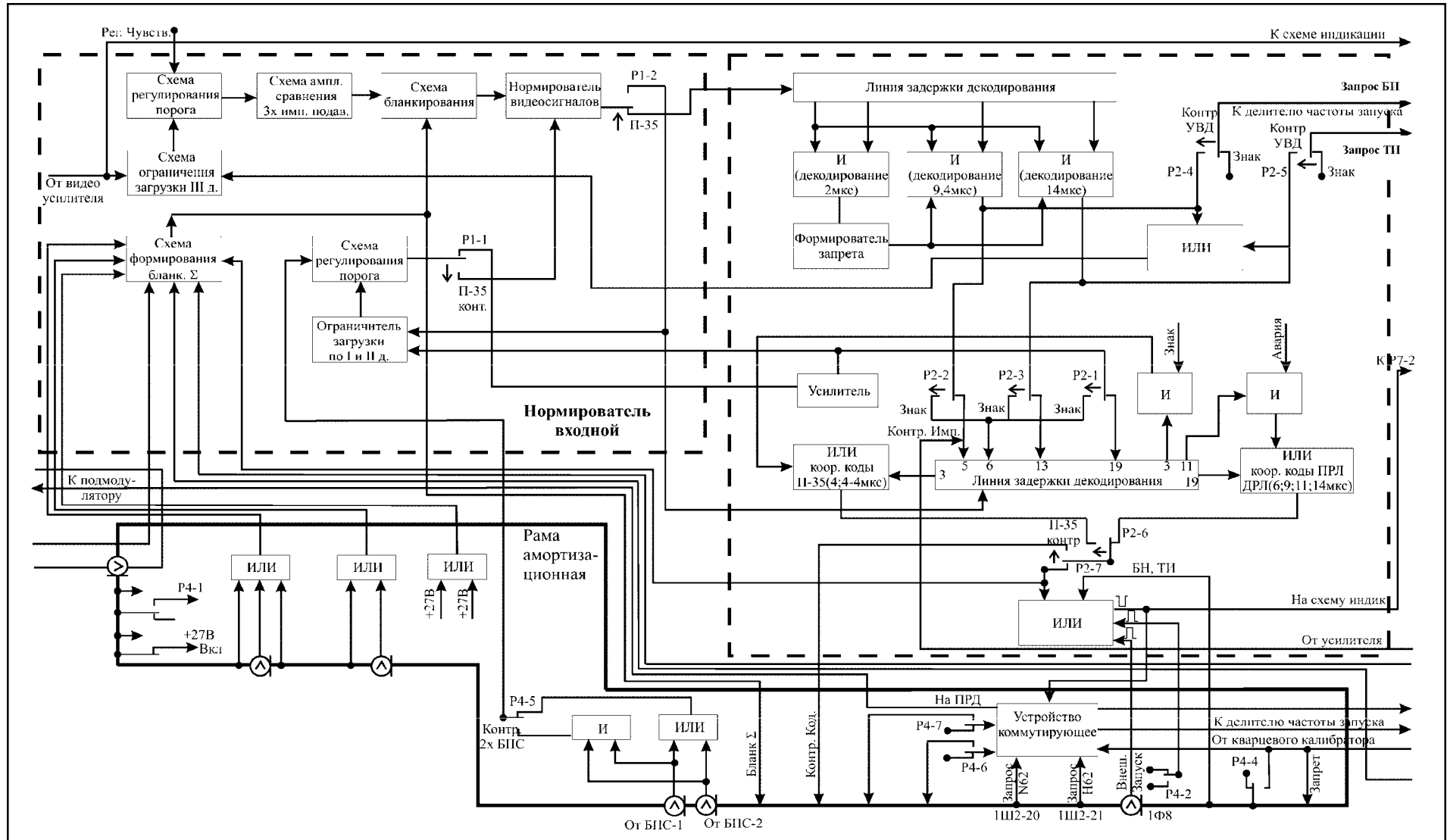
# Приложение 1

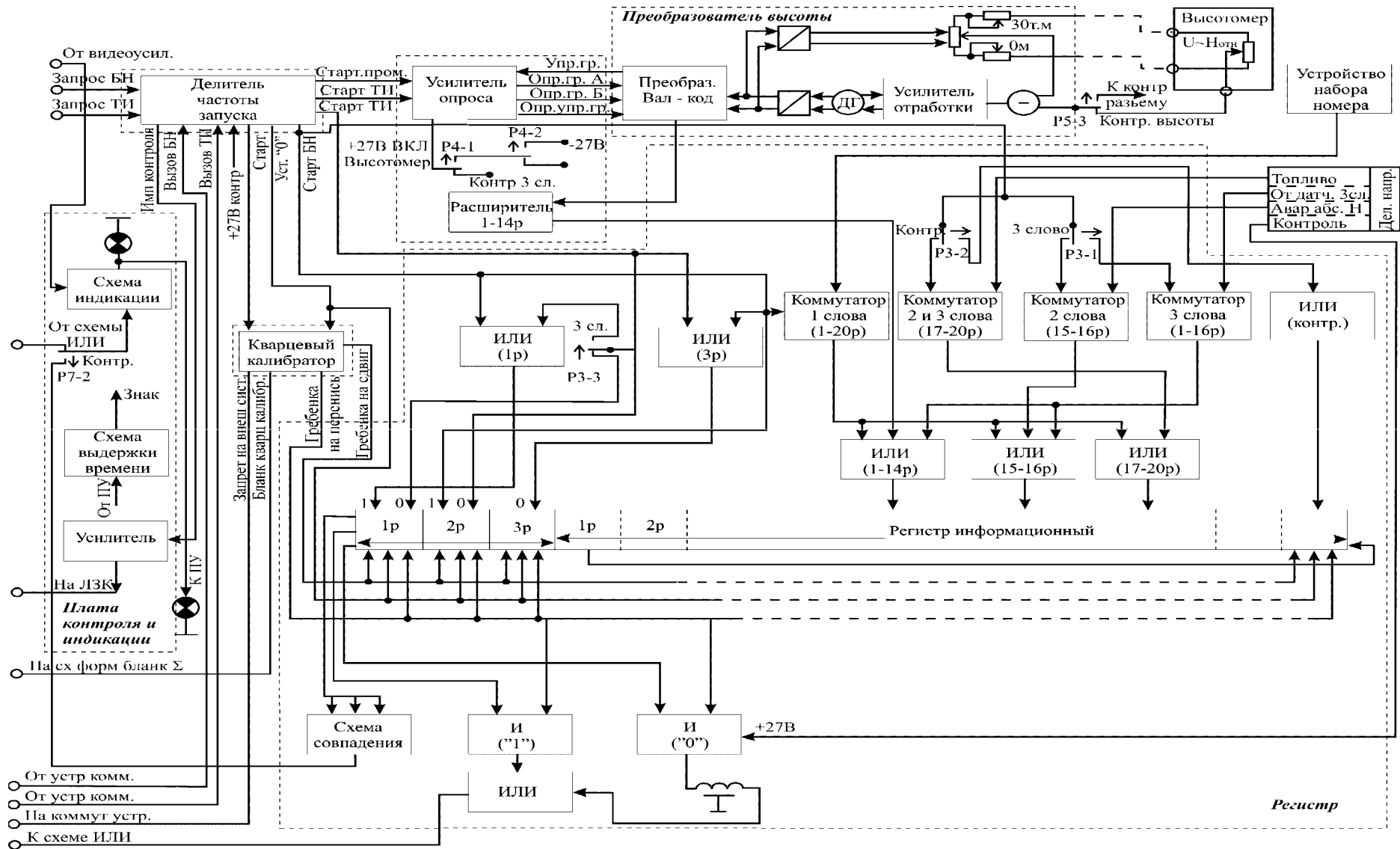


Структурная схема СО-69.

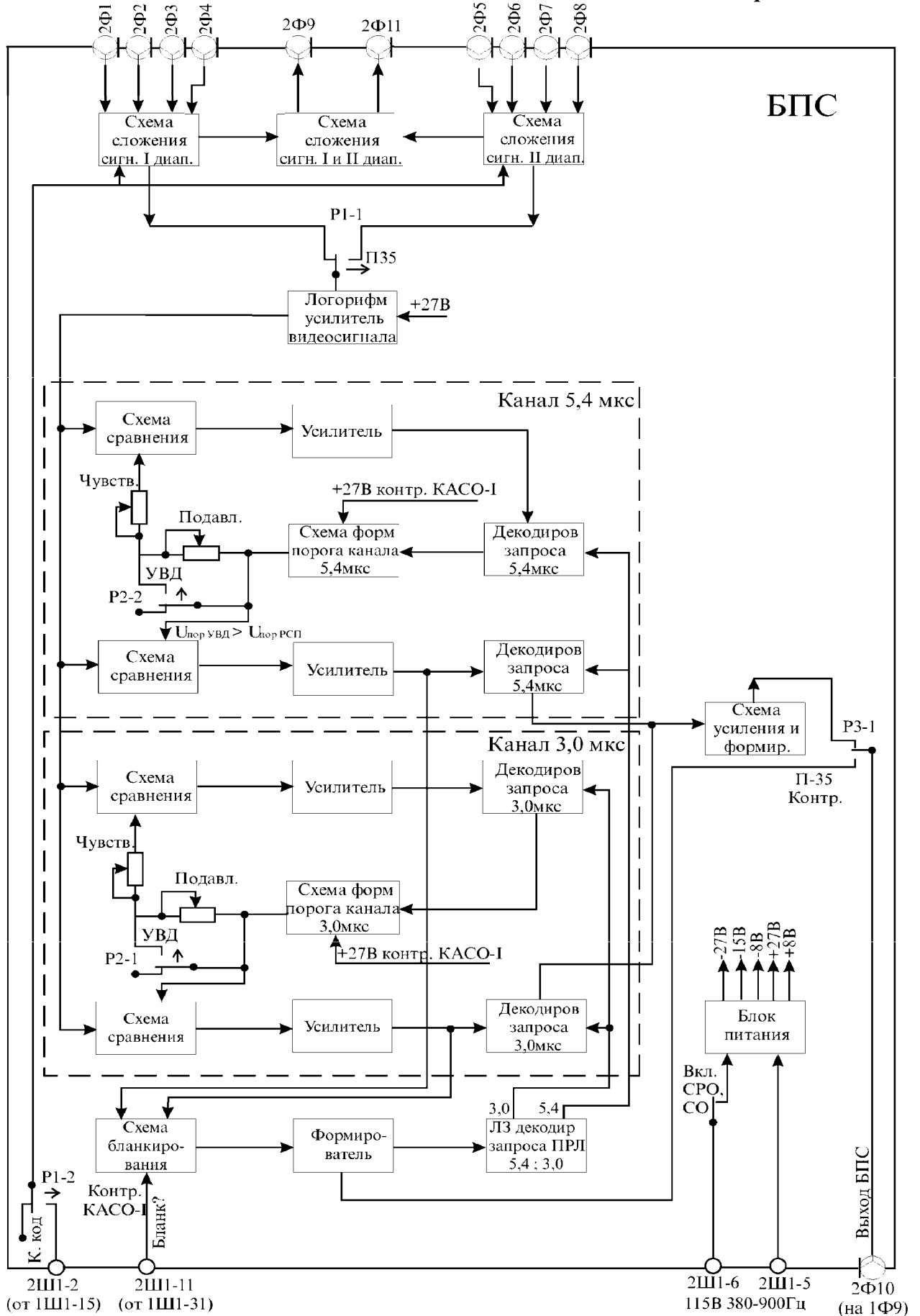


Функциональная схема СО-69. Приемопередатчик.





Функциональная схема СО-69. Шифратор-2.



Функциональная схема СО-69. Блок посадочных сигналов.

*Учебное издание*

## **САМОЛЕТНЫЙ ОТВЕТЧИК СО-69**

*Учебное пособие*

Составитель: М.А. Ковалев

Самарский государственный аэрокосмический  
университет имени академика С.П.Королева  
443086 Самара, Московское шоссе, 34