

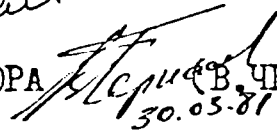
ЗЕНИТНАЯ РАКЕТНАЯ СИСТЕМА
БОЛЬШОЙ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ С-200Д

ЧАСТЬ 3

РАДИОЛОКАТОР ПОДСВЕТА ЦЕЛИ 76Ж6

Дополнительные материалы к эскизному
проекту

ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР  (В. СИНЕЛЬНИКОВ)

ЗАМ. ГЛАВНОГО КОНСТРУКТОРА  (В. ЧЕРКАСОВ)

НАЧАЛЬНИК СЕКТОРА  (Д. БАЖЕНОВ)

СОДЕРЖАНИЕ

| | Лист |
|--|------|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| 1. НАЗНАЧЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, РЕЖИМЫ РАБОТЫ И СОСТАВ РАДИОЛОКАТОРА ПОДСВЕТА ЦЕЛИ..... | 5 |
| 2. АНТЕННЫЙ ПОСТ Д1..... | 15 |
| 2.1. Антенная система..... | 15 |
| 2.2. Передающее устройство..... | 17 |
| 2.3. Высокочастотное приемное устройство..... | 18 |
| 2.4. Силовой привод..... | 21 |
| 2.5. Приемное устройство сигналов контрольных ответчиков ракет (КРО)..... | 25 |
| 2.6. Наземный радиозапросчик (НРЗ)..... | 25 |
| 2.7. Устройства распределения первичного питания... | 25 |
| 2.8. Конструкция антенного поста..... | 26 |
| 2.9. Обеспечение требований электромагнитной совместимости..... | 27 |
| 3. АППАРАТНАЯ КАБИНА Д2..... | 29 |
| 3.1. Приемное устройство..... | 29 |
| 3.2. Следящие системы..... | 47 |
| 3.3. Аппаратура управления и индикации..... | 53 |
| 3.4. Цифровая вычислительная машина..... | 62 |
| 3.5. Аппаратура обмена информацией..... | 65 |
| 3.6. Аппаратура тренировки операторов..... | 68 |
| 3.7. Конструкция аппаратной кабины Д2..... | 71 |
| 4. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ РЛЦ..... | 74 |
| 5. ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ БОЕВОГО РАСЧЕТА..... | 75 |
| 6. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ..... | 77 |
| 7. ОЦЕНКА СТОИМОСТИ СЕРИЙНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ..... | 81 |
| 8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КП ИТР..... | 85 |

В В Е Д Е Н И Е

Эскизный проект радиолокатора подсвета цели 76Ж6 был разработан в 1977 году на основании Постановления Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР от 25.9.76г. № 783-268 и Приказа Министра радиопромышленности от 21.10.76г. № 432 в соответствии с утвержденным тактико-техническим заданием на зенитную ракетную систему большой дальности действия С-200Д и получил положительное заключение комиссии Министерства обороны.

Разработка дополнительных материалов к эскизному проекту обусловлена применением радиолокатора подсвета цели 76Ж6 в полковом комплексе 5ЖБЗД системы С-200Д с ракетой В-880М и в связи с этим необходимостью обеспечения дополнительных: ~~хххххх~~

- сопряжения радиолокатора подсвета цели с командным пунктом К9М и стартовой позицией 5ЖБЗД, имеющей в своем составе кабину управления стартом КЗВ;
- проведения пусков зенитных управляемых ракет;
- приема сигналов контрольных радиоответчиков ракет.

В настоящих материалах кроме аппаратурных особенностей радиолокатора подсвета цели, связанных с его использованием в полковом комплексе 5ЖБЗД системы С-200Д с ракетой В-880М, приведены так же краткие сведения о основных характеристиках, режимах работы, устройствах антенного поста и аппаратной кабины, а также оценка надежности, стоимости и численности боевого расчета радиолокатора 76Ж6.

В разработке 3 части дополнения к эскизному проекту принимали участие: Баженов Д.М., Зинокуров В.А., Глазунов Ю.А., Голушко В.И., Губаревич Г.С., Данилов Е.А., Жарова Г.З., Запорожец А.И., Зенкин Н.И., Козлов Г.М., Колобкова З.С., Конахов Б.П., Кураков А.П., Маликов Ю.В., Мурашов М.Б., Семенов В.С., Синельников В.Д., Стальной А.Я., Степанов В.М., Фурсов В.И., Цыпин И.Б., Черкасов В.П., Чернецов В.М., Черномордик В.Е., Юбко Б.Д.

1. НАЗНАЧЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, РЕЖИМЫ РАБОТЫ И СОСТАВ РАДИОЛОКАТОРА ПОДСВЕТА ЦЕЛИ

Радиолокатор подсвета цели предназначен для обнаружения цели по данным внешнего целеуказания, определения ее координат в режиме сопровождения, подготовки исходных данных для стрельбы и проведения пуска ракет, а также подсвета цели для обеспечения полуактивного самонаведения ракет.

Технические характеристики радиолокатора подсвета цели обеспечивают дальности обнаружения, сопровождения и подсвета цели, а также временные характеристики, необходимые для выполнения требований, предъявляемых к полковому комплексу системы С-200Д.

Радиолокатор подсвета цели обеспечивает:

- наведение луча подсвета и устройств сопровождения по скорости и дальности в район цели по данным внешнего целеуказания;
- поиск цели по угловым координатам, дальности и скорости;
- ручное и автоматическое сопровождение цели по угловым координатам, дальности и скорости;
- выработку текущих координат цели, находящейся на сопровождении, и передачу их на командный пункт в цифровом виде;
- формирование звукового портрета сопровождаемой цели;
- индикацию группы помехоносителей в картинной плоскости луча подсвета;
- выдачу донесений о режимах работы;
- формирование сигналов, необходимых для средств стартовой ^{позиции} ~~схематички~~ и командного пункта;
- выработку данных для захвата цели головками самонаведения, подготовку исходных данных для стрельбы и проведения пуска ракет;

— управление НРЗ типа 1Л23-1, автоматическое включение конт-роля опознавания и выдачу сигналов опознавания для индикации и блокировки пуска.

Основными техническими характеристиками радиолокатора являются:

- мощность передающего устройства не менее 10 кВт;
- чувствительность приемного устройства не хуже -173 дБ/Вт в полосе 200 Гц;
- ширина диаграммы направленности в режиме сопровождения (по уровню половинной мощности) передающей антенны по азимуту $0,7^\circ$, по углу места $0,7^\circ$; приемной антенны по азимуту $1,4^\circ$, по углу места $0,7^\circ$;
- поиск цели по угловым координатам в секторе $2,8^\circ \times 2,8^\circ$;
- рабочее время в зависимости от условий работы от 20 до 50 сек (работным считается время от момента приема данных внешнего целеуказания до момента сопровождения цели);.

Обеспечение вышеуказанных технических характеристик вызвало необходимость решения ряда принципиальных аппаратурных вопросов, из которых наиболее важным является вопрос создания нового передающего устройства.

Увеличение дальности действия требует обеспечения работы радиолокатора на малых углах места, что приводит к значительному увеличению уровня зондирующего сигнала на входе приемного устройства и загрублению его чувствительности фазовыми шумами передатчика. Простое увеличение мощности зондирующего сигнала в этих условиях, очевидно, не дало бы желаемого эффекта увеличения дальности. Поэтому при разработке нового передающего устройства одновременно решается вопрос снижения результирующих шумов передающего устройства путем снижения шумов возбудителя и уменьшения влияния шумов выходных каскадов на приемное устройство. Для снижения шумов возбудителя разработан метод компенсации частотных шумов, а задача снижения влияния шумов выходных каскадов решается путем включения их в когерентную часть передающего устройства.

Для улучшения условий обнаружения цели и обеспечения возможности ее анализа улучшена, по сравнению с системой С-200В, на 3 дБ чувствительность приемного устройства и расширена ширина диаграммы направленности приемной антенны в угломестной плоскости, что увеличило коэффициент направленного действия и уменьшило связь с земной поверхностью.

При разработке антенного поста радиолокатора 76Ж6 оказалось целесообразным сохранить практически без изменений внешний вид антенного поста радиолокатора 5Н62В, так как вновь разрабатываемая аппаратура хорошо комплектуется в повозке БР-227 и антенном блоке. Повозка и антенный блок дорабатываются с целью обеспечения более рационального охлаждения аппаратуры, обеспечения мероприятий по ПАЗ-ПХЗ, а также улучшения условий эксплуатации аппаратуры.

Аппаратная кабина радиолокатора размещается в полуприцепе ОдаЗ-828Г и разрабатывается на перспективной элементной базе. Энергетический потенциал радиолокатора, по сравнению с радиолокатором системы С-200В, увеличен на 11,2 дБ за счет увеличения мощности передающего устройства до 10 кВт, улучшения шумовой чувствительности до -173 дБ и сужения в угломестной плоскости диаграммы направленности приемной антенны до $0,7^\circ$.

Расчетные данные дальности действия радиолокатора в зависимости от угла визирования цели и отношения сигнал-шум принятого сигнала приведены в таблице 1.1.

Для выполнения ТТТ в радиолокаторе подсвета цели предусмотрены следующие режимы работы.

Режим работы "поиск в секторе" осуществляется после получения целеуказания от пункта централизованного управления (КП) полкового комплекса. По данным от КП производится пересчет данных целеуказания из прямоугольной системы координат в полярную с последующим наведением радиолокатора на заданное направление. Если после отработки целеуказания цель на экране индикаторов не обнаружена, включается режим поиска по угловым координатам при излучении монохроматического сигнала. Поиск производится в секторе $2,8^\circ \times 2,8^\circ$ по программе, вырабатываемой цифровой вычислительной машиной

ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «АЛМАЗ»

— 8 —

Таблица 1.1

| Тип цели | Угол визира- вания ρ_c / ρ_w (град) | Дальность с учетом атмосферных потерь и влияния земли | | | | | | | | | Дальность в свобод. простр. |
|---------------------|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----------------------------------|
| | | 5' | 6' | 7' | 8' | 9' | 10' | 15' | 20' | 25' | |
| АСАЛМ | 6 | 94 | 117 | 138 | 149 | 165 | 178 | 246 | 293 | 305 | 371 |
| | 10 | 82 | 98 | 113 | 123 | 136 | 145 | 199 | 238 | 246 | 295 |
| | 28 | 30 | 34 | 42 | 46 | 52 | 58 | 79 | 96 | 99 | 104 |
| КРМ | 6 | 132 | 149 | 174 | 188 | 204 | 230 | 316 | 383 | 397 | 490 |
| | 10 | 105 | 122 | 143 | 154 | 172 | 187 | 255 | 307 | 319 | 389 |
| | 28 | 37 | 45 | 56 | 60 | 69 | 75 | 102 | 122 | 127 | 138 |
| МИГ-19М, МИГ-21М | 6 | 191 | 220 | 261 | 286 | 317 | 346 | 486 | 593 | 621 | 767 |
| | 10 | 158 | 184 | 213 | 231 | 258 | 276 | 388 | 472 | 492 | 609 |
| | 28 | 61 | 70 | 84 | 90 | 103 | 111 | 150 | 177 | 183 | 216 |
| F14 | 6 | 214 | 248 | 293 | 317 | 358 | 392 | 550 | 676 | 705 | 871 |
| | 10 | 175 | 206 | 238 | 258 | 289 | 313 | 387 | 444 | 540 | 692 |
| | 28 | 69 | 78 | 94 | 103 | 113 | 125 | 167 | 200 | 206 | 245 |
| Е-3А | 6 | 418 | 487 | 583 | 638 | 726 | 798 | 1134 | 1391 | 1452 | 1793 |
| | 10 | 335 | 401 | 465 | 510 | 576 | 620 | 900 | 1105 | 1153 | 1424 |
| | 28 | 133 | 152 | 176 | 192 | 217 | 237 | 324 | 394 | 410 | 505 |
| ТУ-16, В-1 | 6 | 322 | 374 | 441 | 487 | 553 | 605 | 862 | 1058 | 1104 | 1363 |
| | 10 | 262 | 309 | 358 | 392 | 441 | 475 | 685 | 840 | 876 | 1083 |
| | 28 | 104 | 120 | 140 | 152 | 170 | 185 | 251 | 303 | 315 | 384 |
| В-52 | 6 | 434 | 505 | 605 | 664 | 754 | 843 | 1178 | 1446 | 1508 | 1863 |
| | 10 | 348 | 416 | 484 | 550 | 599 | 645 | 936 | 1149 | 1198 | 1480 |
| | 28 | 142 | 158 | 186 | 200 | 225 | 245 | 336 | 409 | 425 | 525 |

"Пламя-КВ". После обнаружения цели на данном угловом направлении производится наведение следящих систем скорости на отметку цели и переход на автосопровождение по трем координатам.

Режим работы "Косой поиск" используется при работе по цели постановщику активной шумовой помехи. Поиск производится в координатах азимут-скорость по программе, вырабатываемой ЦВМ "Пламя-КВ", сектор поиска (один цикл) $0,7^{\circ} \times 12^{\circ}$. При необходимости сектор поиска по углу места может быть увеличен путем увеличения общего числа циклов поиска. Движение луча по азимуту производится в соответствии с изменением дальности от 100 км до 750 км при постоянном угле места. Необходимо отметить, что при этом известной величиной следует считать базовое расстояние между РПЦ и средством целеуказания.

В режиме работы "Подсвет" производится непрерывное сопровождение выбранной цели при ~~многократных излучениях~~ для обеспечения полуактивного самонаведения ракеты.

В радиолокаторе подсвета цели используются в различных режимах пять видов зондирующих сигналов.

Непрерывный монохроматический сигнал используется в режимах "поиск" и "подсвет" цели на этапе самонаведения ракеты. Монохроматический сигнал обеспечивает выделение сигнала одной цели в группе за счет селекции сигнала по частоте и обеспечивает сопровождение цели по угловым координатам и скорости.

Частотно-модулированный сигнал применяется для определения угловых координат, дальности и скорости цели. Частота зондирующего сигнала изменяется по закону

$$f(t) = f_0 + f_m \cdot \sin 2\pi \cdot f_r \cdot t,$$

где f_0 — несущая частота излучения;

$f_m \approx 7,1$ кГц — амплитуда девиации частоты;

$f_r \approx 203,7$ Гц — частота периода модуляции ЧМ сигнала.

Выбор периода модуляции частотно-модулированного сигнала определяется требованием однозначного измерения дальности во всем

рабочем диапазоне радиолокатора подсвета цели, равным ≈ 700 км, а также кратностью частоты периода модуляции другим модуляционным периодам. Выбор амплитуды девиации частоты производится исходя из компромисса между требованиями к хорошей разрешающей способности по дальности и надежному подавлению сигналов местных предметов.

Разрешающая способность тем выше, чем больше девиация зондирующего сигнала. Функция неопределенности для сигнала с частотной модуляцией при наличии ступени "свертки" может быть записана как функция Бесселя нулевого порядка $J_0(\beta)$, где $\beta = \frac{\Delta f_{gm}}{F_M}$ — индекс модуляции. График данной функции представлен на рис.1.1. Считая разрешающую способность заданной, определяем необходимую величину девиации частоты зондирующего сигнала. Закон изменения ширины спектра сигнала после ступени свертки $\Delta f_c = 2\Delta f_{изл} \cdot \sin \varphi_{FM}$. Для заданной величины разрешающей способности величина φ_{FM} может быть рассчитана по формуле $\varphi_{FM} = \frac{2\pi \cdot F_M \cdot R_p}{C}$, где F_M — частота модуляции, R_p — заданная величина разрешающей способности, C — скорость света. Величина Δf_c , соответствующая элементу разрешения, равна $\beta_p \cdot F_M$. Считая разрешение достаточным при $J_0(\beta) = 0,5$ ($\beta_p = 1,5$) найдем $\Delta f_c = 1,5 F_M = 2\Delta f_{изл} \cdot \sin \varphi_{FM}$. Приняв $\sin \varphi_{FM} = \varphi_{FM}$, получим

$$\Delta f_{изл} = \frac{\Delta f_c}{2\varphi_{FM}} = \frac{\beta_p \cdot F_M \cdot C}{2\pi \cdot R_p \cdot F_M \cdot 2} \approx 0,5 \cdot 10^4 \text{ гц.}$$

Сигнал синусоидального частотно-модулированного колебания с амплитудой девиации 7,1 кгц дает спектр "свертки" сигналов местных предметов в сравнительно узкой полосе, причем, в качестве опорного гетеродина используется зондирующий сигнал, смещенный на величину первой промежуточной частоты. Спектр "свертки" сигналов местных предметов относительно уровня собственных шумов приемника представлен на рис.1.2, при этом до линии радиогоризонта был принят экспоненциальный закон затухания уровня отраженных сигналов от местных предметов (4–5 дб/км), далее затухание принималось по квадратичному закону. Максимальная дальность до местных предметов принималась равной 40 км. На этом же рисунке представлен частично свернутый сигнал цели, имеющий спектр в два раза более широкий,

чем спектр сигнала от местных предметов по уровню собственных шумов приемника. Спектр сигнала цели соответствует цели, расположенной на дальности 80–90 км.

Фазокодоманипулированный сигнал ФКМ-1 предназначен для обеспечения однозначного перехода из режима частотно-модулированного сигнала в режим с применением фазокодоманипулированного сигнала, и имеет следующие параметры: число дискретов в коде 15, частота повторения кода 82,5 кГц, поворот фазы 151° .

Фазокодоманипулированный сигнал ФКМ-2 обеспечивает высокую разрешающую способность целей по дальности, что позволяет выделить сигнал одной цели из группы для распознавания цели с помощью звуковой индикации. Необходимость селекции цели по дальности (в случае групповой цели) вызвана тем, что звуковые портреты целей накладываются друг на друга при монохроматическом сигнале. Параметры сигнала ФКМ-2 те же, что и параметры сигнала ФКМ-1, за исключением частоты повторения кода равной 165 кГц.

Импульсный режим предназначен для определения дальности до постановщика широкополосной шумовой ретрансляторной помехи и имеет следующие параметры: частота повторения импульсов 203,7 гц, длительность импульса 109 мксек. Частота повторения выбрана равной частоте периода модуляции ЧМ сигнала, длительность импульсов излучения выбиралась исходя из получения разрешающей способности, аналогичной режиму ЧМ излучения.

В режиме работы "Распознавание" (при наличии дополнительного времени) при излучении фазокодоманипулированного сигнала осуществляется сопровождение каждой цели группы и распознавание с использованием звукового портрета цели. Для анализа звукового портрета цели оператор визуально с помощью индикатора в режиме излучения ФКМ-сигнала осуществляет выделение сигнала одной цели из группы, захват ее на автосопровождение, после чего осуществляется формирование "звукового портрета цели".

Радиолокатор подсвета цели состоит из двух основных единиц: антенного поста и аппаратной кабины. В состав антенного поста входят: антенная система, передающее устройство, высокочастотное приемное устройство, силовой привод, приемное устройство КРО с антенно-фидерным трактом, вспомогательное оборудование.

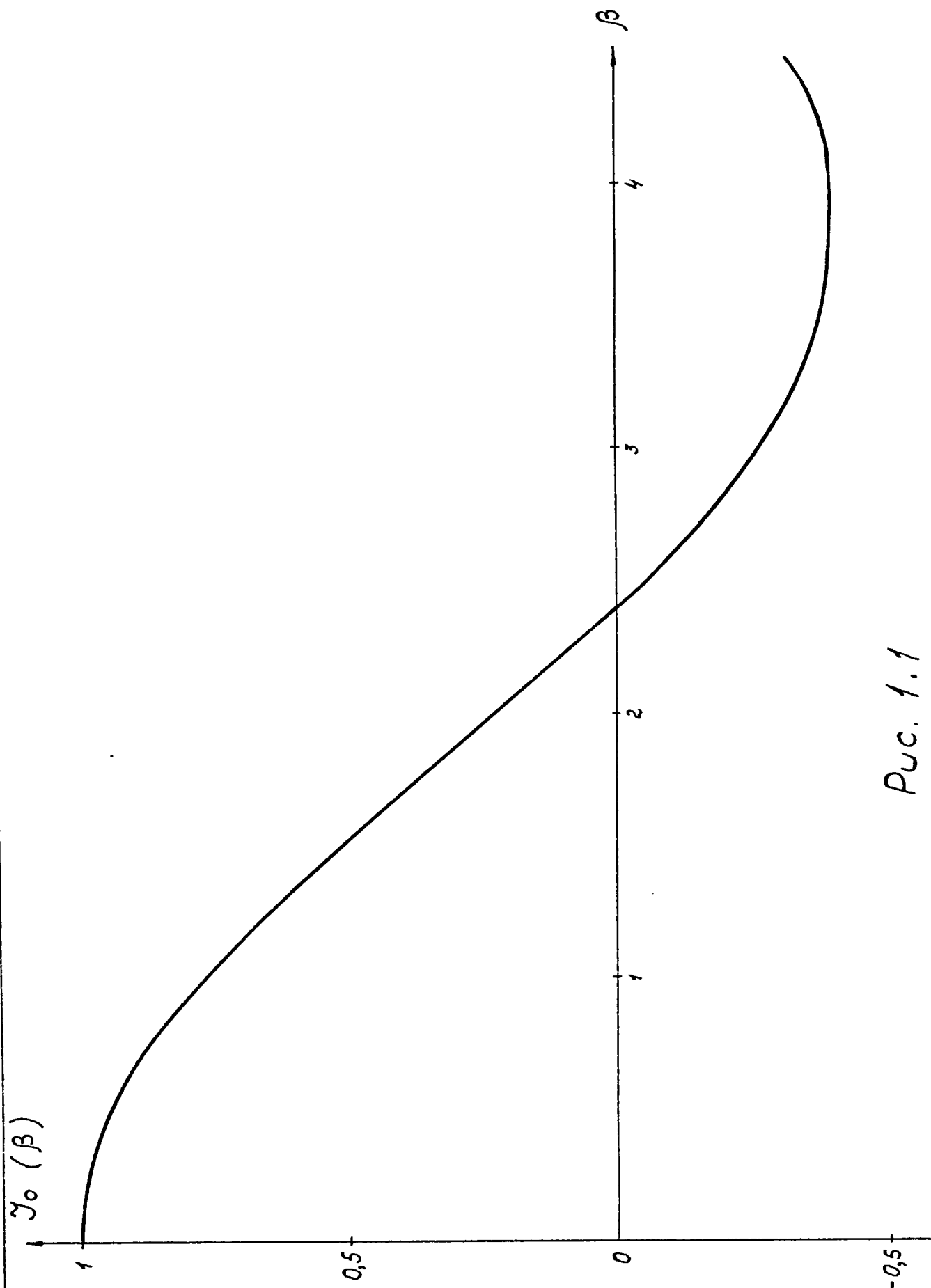


Рис. 1.1

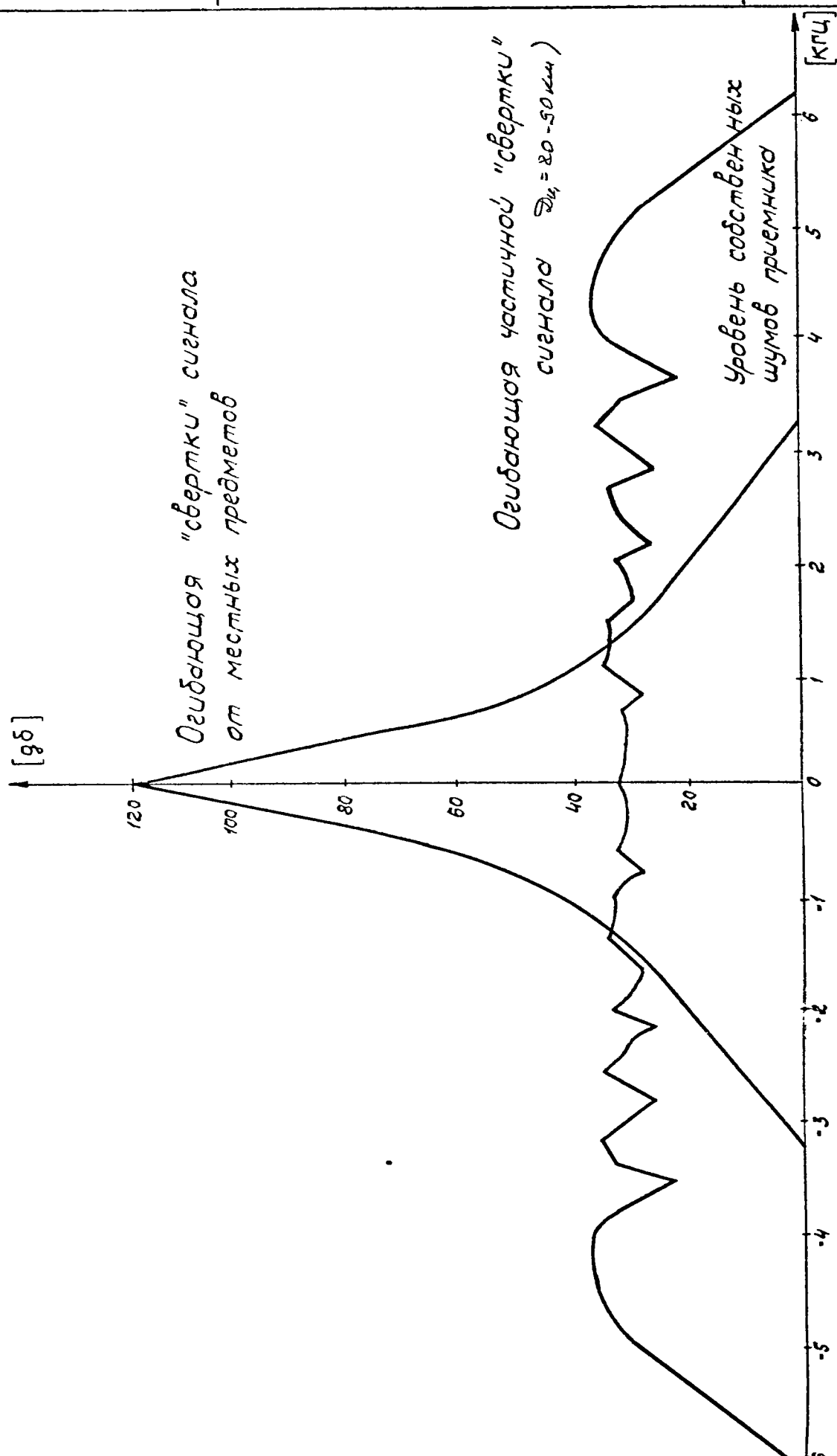


Рис. 1.2

В состав аппаратной кабины входят: приемное устройство промежуточных частот; следящие системы по координатам дальность; скорость, азимут, угол места; аппаратура уплотнения и обмена информацией; цифровая вычислительная машина "Пламя-КВ", индикаторные устройства; устройство тренировки операторов; вспомогательное оборудование.

2. АНТЕННЫЙ ПОСТ Д1

Антенный пост предназначен для создания мощных, непрерывных и импульсных высокочастотных сигналов, излучения их и приема с помощью антенной системы, обладающей узкими диаграммами направленности на передачу и прием в угломестной и азимутальной плоскостях, высокочастотного усиления принятых сигналов, их преобразования на первую промежуточную частоту и предварительного усиления, поиска цели и наведения луча подсвета на цель.

В состав антенного поста входят следующие основные устройства:

- антенная система АНД;
- передающее устройство;
- высокочастотное приемное устройство;
- силовой привод и устройство выработки угловых координат;
- устройство распределения первичного питания;
- аппаратура контроля опознавания государственной принадлежности цели 1Л23-1;
- аппаратура обмена информацией;
- ~~аппаратура~~ и приемное устройство контрольного ответчика ракет.

2.1. Антенная система

Антенная система предназначена для направленного излучения, приема и канализации высокочастотной электромагнитной энергии в режимах поиска, подсвета, сопровождения, контрольного опознавания государственной принадлежности цели и приема сигналов контрольных ответчиков ракет. Для создания максимального потенциала в режиме поиска передающая и приемная антенна канала цели работают с использованием линейной вертикальной поляризации. В режимах подсвета и сопровождения для обеспечения устойчивого приема сигнала цели головкой самонаведения передающая антенна работает с использованием круговой поляризации, приемная антенна в этих режимах работает с использованием двух круговых ортогональных поляризаций, что позволяет работать по различного рода поляриза-

ционными помехам, а также повышает устойчивость приема отраженного от цели сигнала. Антенна канала контроля опознавания работает на линейной вертикальной поляризации. Для создания высокого потенциала станции и уменьшения влияния земли при работе на малых углах места диаграммы направленности приемной и передающей антенн канала цели имеют форму узких лучей. Ширина диаграммы по уровню половинной мощности для передающей антенны в азимутальной и угломестной плоскости равна $0,7^\circ$, а для суммарного канала приемной антенны — $0,7^\circ$ в угломестной плоскости и $1,2^\circ$ в азимутальной плоскости. В режиме поиска обзор сектора $2,8^\circ \times 2,8^\circ$ в азимутальной плоскости осуществляется качанием луча приемной антенны с помощью растрового облучателя и расширением луча передающей антенны с помощью дополнительного облучателя. По углу места поиск производится с помощью механического качания антенного блока. Переход из режима поиска в режим подсвета и сопровождения цели осуществляется с помощью волноводных переключателей, установленных в волноводных трактах приемной и передающей антенн. Контроль опознавания государственной принадлежности производится с помощью приемо-передающих антенн, совмещенных с передающей антенной и работающих в III и УП диапазонах волн с шириной диаграммы направленности по половинной мощности 4° в УП диапазоне волн и $5^\circ - 8^\circ$ в III диапазоне волн. Для компенсации боковых лепестков в УП диапазоне волн используется компенсационная антенна.

Прием сигналов контрольных ответчиков ракет осуществляется специальной двухвитковой спиральной антенной, имеющей ширину диаграммы направленности в вертикальной и горизонтальной плоскостях по уровню половинной мощности в пределах $50^\circ + 80^\circ$.

Антенна устанавливается под углом 20° к горизонту на фиксированной высоте и создает за счет влияния земли специальную диаграмму направленности в вертикальной плоскости, обеспечивающую наиболее равномерный "захват" всей зоны возможного положения ракет в этой плоскости. Таким образом в состав антенной системы РПЦ входят:

- передающая антенна поиска цели;
- приемная антенна поиска цели;
- передающая антенна подсвета цели;

- приемная антенна сопровождения цели;
- приемо-передающая антенна опознавания III диапазона;
- приемо-передающая антенна опознавания УП диапазона;
- антенна компенсации в УП диапазоне;
- антенна приема сигналов контрольных ответчиков ракет.

2.2. Передающее устройство

Передающее устройство предназначено для генерирования мощных непрерывных и импульсных СВЧ сигналов на одной из фиксированных частот, лежащих в диапазоне Π_{-66}^{+484} мГц. Номиналы и количество фиксированных частот соответствуют системам С-200 и С-200В. Передатчик построен по классической схеме, в которой используется высокостабильный задающий генератор (возбудитель), смеситель, в котором производится смещение частоты зондирующего сигнала на величину первой промежуточной частоты приемника, и выходной мощный усилитель. Для обеспечения требуемых технических характеристик цепочка СВЧ приборов, входящих в состав передатчика, выполнена на 4-х клистронах: "Вулканист" - генераторный клистрон, "Воронка I" и "Воронка II" - смесители, "Виктория" - усилитель мощности. Передатчик при достаточно большой мощности (10 кВт) должен иметь низкий уровень шумов. Приемлемый уровень частотных шумов возбудителя должен быть не хуже:

- на частоте, отстоящей от несущей на 2,5 кгц - 65 дБ/кгц;
- на частоте, отстоящей от несущей на 4,5 кгц - 100 дБ/кгц.

Поэтому в возбудителе функции создания высокостабильного генератора с требуемым уровнем частотных шумов и функции последующей модуляции этого сигнала разделены. В принятой схеме возбудитель состоит из двух клистронов, один из которых является задающим генератором, а другой выполняет роль смесителя и предварительного усилителя. Обычно в схеме радиолокатора непрерывного излучения завязка между передающим и приемным устройством осуществляется за счет использования сигнала возбудителя одновременно в качестве сигнала первого гетеродина приемника. В такой схеме выходные каскады, куда входят смесительный и мощный усилительный клистроны, являются некогерентной частью передатчика, и шумовые боковые полсы его сигнала, проникая в приемник, приводят к ухудшению его

чувствительности. Поэтому в передающем устройстве используется вариант приемо-передающего тракта, в котором резко ослабляется влияние шумов выходных каскадов. Это достигается путем формирования гетеродинного сигнала из выходного сигнала передатчика с помощью балансного модулятора, имеющего существенно меньший уровень фазовых шумов, чем СВЧ-усилители. В состав фазового модулятора входит ферритовый Т-циркулятор и диодная секция с переключающими *pin*-диодами. Такой модулятор сравнительно прост в настройке, имеет небольшие габариты, надежен и не требует мощных источников питания.

Конструктивно аппаратура передатчика размещена в 5 шкафах: шкаф ДГ-11 – возбудитель, шкаф ДГ12 – усилитель мощности, шкаф ДГ13 – индукционный регулятор, шкаф ДГ14 – высоковольтный выпрямитель, шкафы ДГ17 и ДГ18 – аппаратура жидкостного охлаждения. Блок-схема передающего устройства представлена на рис.2.1.

2.3. Высокочастотное приемное устройство

Высокочастотное приемное устройство (ВПУ) предназначено для высокочастотной селекции, усиления на СВЧ, преобразования на первую промежуточную частоту и предварительного усиления на промежуточной частоте принятых антенной сигналов. Так как сигналы, отраженные от цели, принимаются антенной, имеющей круговую поляризацию левого и правого направлений вращения, то приемное устройство антенного поста состоит из шести одинаковых каналов: двух суммарных и четырех разностных. Построение каждого канала определяется требованиями обеспечения необходимого динамического диапазона, минимального коэффициента шума, минимальных амплитудно-фазовых шумов, требуемой полосы пропускания, а также электрической прочности при воздействии на вход сигналов соседних станций. В состав каждого канала входят:

- СВЧ преселектор и частотный фильтр, служащие для подавления сигналов зеркальной частоты и сигналов частот внеполосного приема;
- коммутирующее устройство, служащее для закрытия ВПУ;

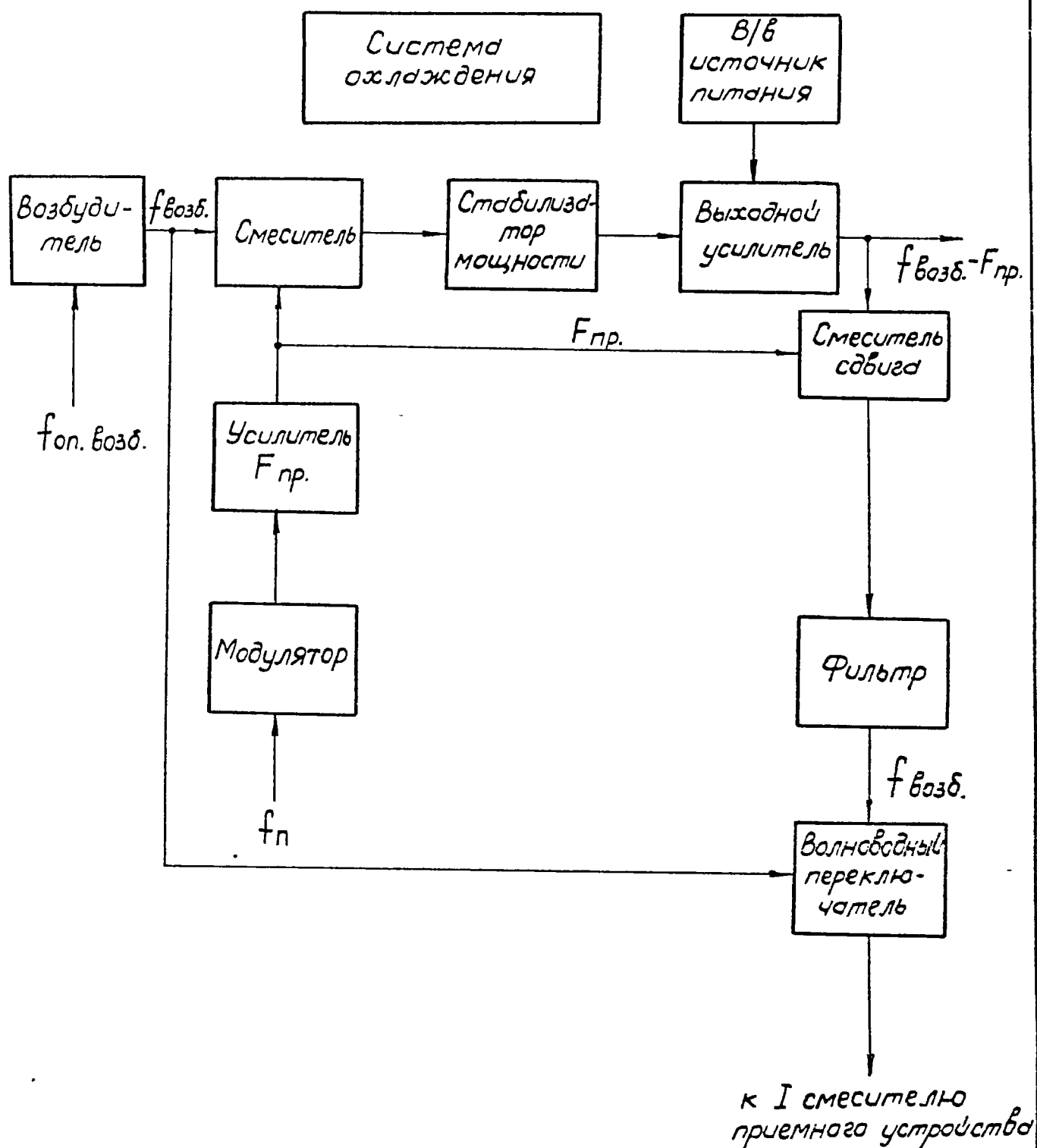


Рис. 2.1. Блок-схема передаточного устройства

– СВЧ усилитель на лампе бегущей волны, осуществляющий усиление сигналов и защиту смесителя от попадающей на вход ВШУ мощности передатчика;

– СВЧ смеситель, осуществляющий преобразование принимаемого сигнала в сигнал промежуточной частоты;

– предварительный усилитель промежуточной частоты (ПУПЧ), осуществляющий усиление и селекцию сигнала промежуточной частоты;

– согласующее устройство, осуществляющее передачу сигнала ПЧ без искажений в главный усилитель (кабину Д2) и компенсацию потерь сигнала в кабеле;

– устройство контроля, состоящее из 2-х каскадного усилителя и генератора шума и предназначенного для юстировки фазы и амплитуды приемных каналов.

Высокочастотное приемное устройство имеет следующие параметры:

- коэффициент шума – 7 ед;
- полоса пропускания – не менее 6 мГц;
- максимальный сигнал, пропускаемый каждым каналом без ограничения (по ухудшению усиления на 3 дБ) не менее 10^{-5} Вт;
- ослабление частоты зеркального приема – не менее 60 дБ;
- ослабление частот $f_c \pm \frac{f_{пч}}{2}$ – 90 дБ;
- ослабление частот $2f_c \pm 2f_{пч}$ – 100 дБ;
- ослабление на частотах, отстоящих более чем на $2f_{пч}$ от f_c – не менее 143 дБ;
- максимальный выходной сигнал каждого канала – не менее 300 мВ;
- уровень низкочастотных модулирующих шумов каждого канала не превышает 112 дБ в полосе 200 Гц относительно нулевого сигнала 10^{-5} Вт при расстройке 1,2 кГц \pm 100 кГц;
- промежуточная частота – 42 мГц;
- каждый приемный канал выдерживает воздействие непрерывной СВЧ мощности 200 Вт на частоте, отстоящей от номинальной не менее чем на 50 мГц;

- коммутирующие устройства имеют ослабление в закрытом состоянии не менее 20 дБ и потери в открытом состоянии не более 0,5 дБ, время переключения не более 10 мксек;
- фазовая нестабильность между суммарным и любым из разностных каналов ВПУ - не более 20^0 ;
- амплитудная нестабильность между суммарным и любым из разностных каналов ВПУ $\leq 1,5$ дБ;
- развязка между приемными каналами - не хуже 30 дБ;
- ВПУ работает на любой частоте рабочего диапазона системы;
- время готовности с момента включения - не более 1 мин.

Блок-схема высокочастотного приемного устройства приведена на рис.2.2.

Конструктивно высокочастотное приемное устройство сопровождения цели располагается в шкафу ДП11. Шкаф разбит на отдельные секции. В правой части шкафа за легкоъемной дверью располагается 6-ти канальное ВПУ. Его конструкция жестко связана с каркасом шкафа, что позволяет уменьшить общий вес и обеспечить заданный допуск на стыковочные размеры. При компоновке учтены требования доступности к регулировочным элементам и возможность их замены.

Стыковка ВПУ с антенным волноводным трактом осуществляется волноводными фланцами, выведенными за пределы шкафа.

2.4. Силовой привод

Силовой привод является исполнительной частью угловых следящих систем. Функциональное построение силового привода азимута и угла места одинаково. В него входит исполнительный двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, управление которым производится электромашинным усилителем. Силовая часть азимутального привода - двухдвигательная, угломестного привода - однодвигательная. Азимутальный привод выполнен по двухдвигательной схеме в связи с малым временем переброса антенной системы, необходимостью снижения нагрузки на зубья шестерен редуктора и обеспечения плавного перемещения антенной системы. Исполнительные двигатели и Э.М.У. включены последовательно и развиваемые двигателями моменты

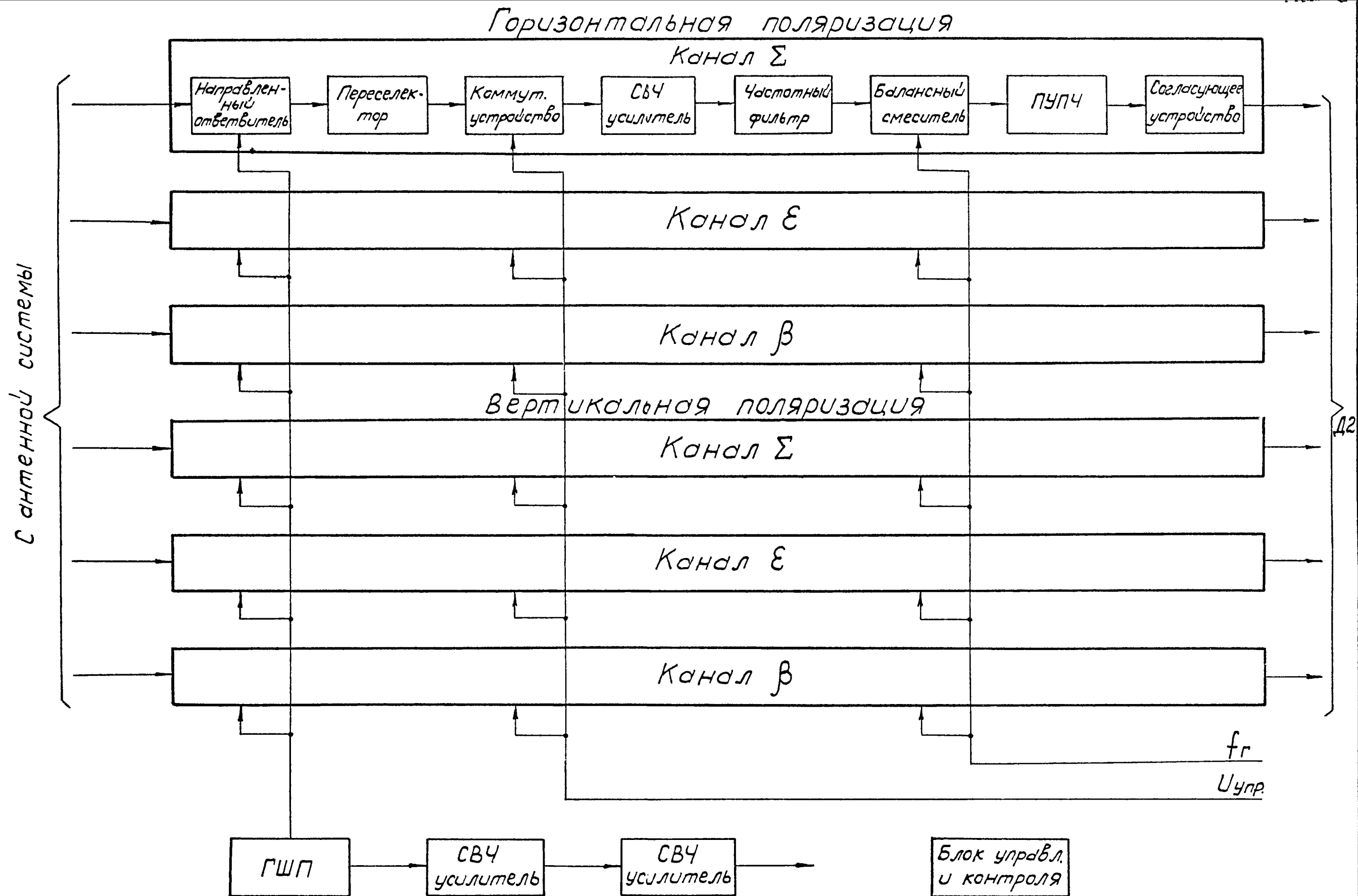


Рис 2.2. Блок-схема высокочастотного приемного устройства

ЭМУ управляются предварительными усилителями, обеспечивающими необходимую мощность управления. Преобразователь код-напряжение обеспечивает преобразование кода сигнала управления приводом в напряжение постоянного тока. Для придания силовым приводам необходимых динамических качеств применены местные отрицательные обратные связи по скорости и ускорению.

В связи с ограниченной мощностью источника первичного питания предусмотрено поочередное включение ЭМУ. Величина задержки включения второго ЭМУ азимутального привода определяется временем спада пускового тока и составляет 0,5 сек. Функциональная схема азимутального привода приведена на рис.2.3.

Управление приводами в режимах отработки целеуказания и автоматического сопровождения осуществляется сигналами $\Delta\beta$, $\Delta\varepsilon$, поступающими в виде двоичного кода из аппаратной кабины Д2 на преобразователь код-напряжение (ПКН). ПКН обеспечивает преобразование кода сигнала управления приводом в напряжение постоянного тока. Ручное управление положением антенной системы при регламентных работах производится с помощью синхронной связи, выполненной на бесконтактных синусно-косинусных вращающихся трансформаторах. Датчик установлен на валу антенны, а приемник расположен на пульте (блок ДУ171 шкафа ДУ11) и связан через редуктор со штурвалом управления. Устройство измерения угловых координат предназначено для измерения угловых положений антенной системы по азимуту (β) и углу места (ε) и выдачи измеренных значений 18-ти разрядным последовательным двоичным кодом. В состав этих устройств входят:

- датчики индукционные угловые по β и ε ;
- узлы согласования и коррекции;
- муфты безлюфтовые соединительные;
- электронные преобразователи.

Устройство обеспечивает измерение углов в пределах:

0-360° по азимуту;
-2,5° + 182,5° по углу места.

Дискретность выдаваемой информации соответствует 18-ти разрядному двоичному коду (5 угловых секунд). Среднеквадратичная погрешность измерения угла - 20 угловых секунд.

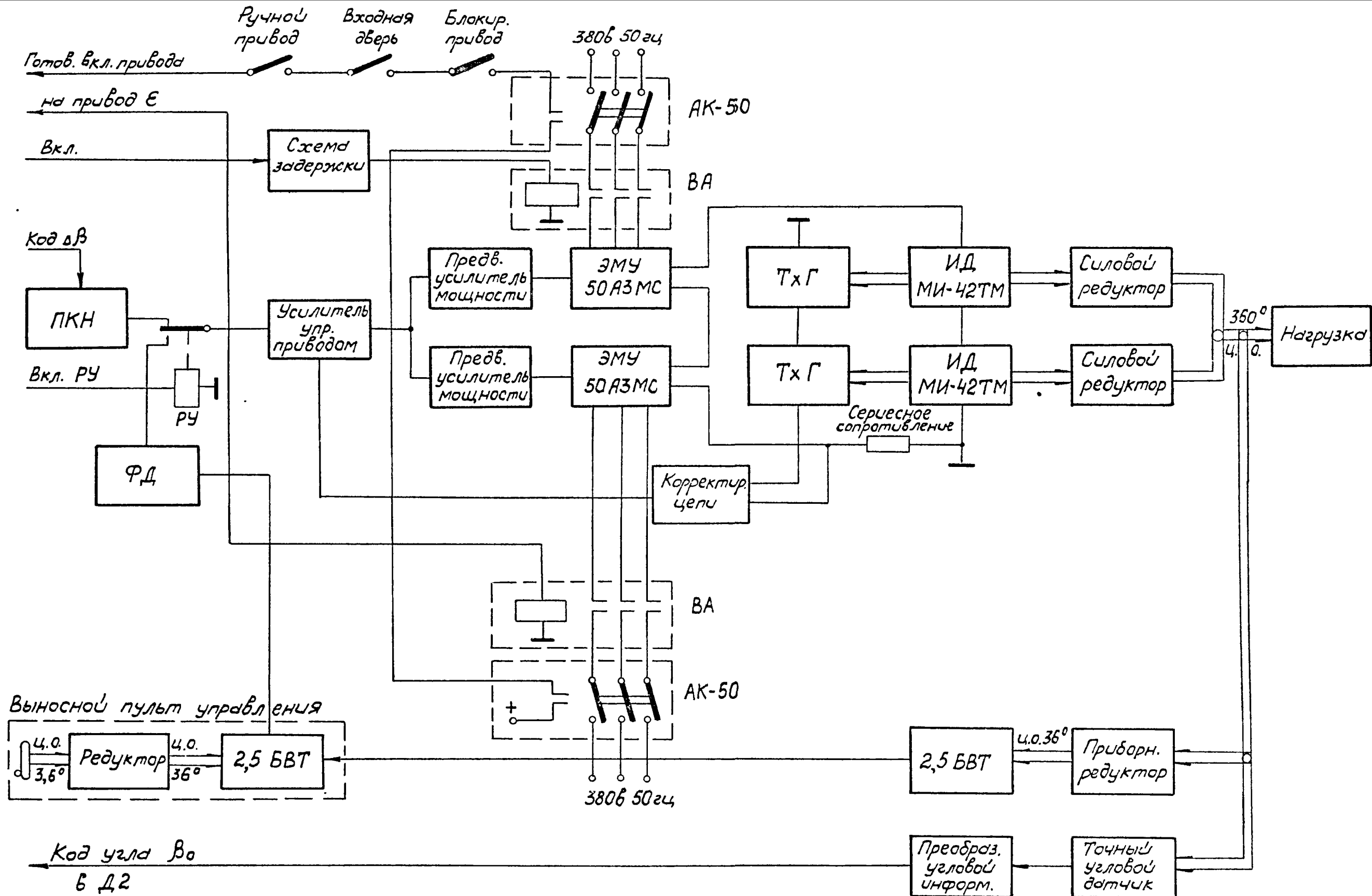


Рис. 2.3. Функциональная схема азимутального силового привода

2.5. Приемное устройство сигналов контрольных ответчиков ракет (КРО)

Приемное устройство сигналов контрольных ответчиков ракет предназначено для обеспечения визуального наблюдения импульсных сигналов ответчиков ракет.

Приемное устройство содержит в своем составе:

- усилитель высокой частоты;
- смеситель ;
- кварцевый гетеродин;
- усилитель промежуточной частоты ;
- детектор и видеоусилитель.

Выходной сигнал приемника КРО в виде видеоимпульса, через токосъемник антенного поста, поступает в аппаратную кабину Д2 на индикатор рабочего места оператора пуска (шкаф ДИ23). Чувствительность приемника КРО не хуже 2-х мкв.

Конструктивно приемник КРО изготавливается в виде отдельного блока (ДП152), укрепленного на стенке контейнера ДА10 антенного поста в непосредственной близости от антенного ввода.

2.6. Наземный радиозапросчик (НРЗ)

Наземный радиозапросчик предназначен для контроля государственной принадлежности сопровождаемой цели. Антенна НРЗ сопряжена с передающей антенной радиолокатора. Используется НРЗ типа 1Л23-1.

2.7. Устройства распределения первичного питания

Устройства распределения первичного питания предназначены для распределения питающих напряжений 3х380в, 50 Гц и 3х220в, 400 Гц по антенному посту и размещены в шкафах распределения и преобразования электроэнергии ДБ11 и ДБ12. В состав шкафов ДБ11 и ДБ12 входят следующие устройства:

- местного и дистанционного управления включением питающих напряжений потребителей;
- распределения первичного электропитания по потребителям;
- выработки вспомогательных напряжений $\sim 27\text{В}$, 50Гц ; $220\text{В} \times 50\text{Гц}$, $\pm 27\text{В}$;
- управления включением ФВУ, вентиляторов и подогрева;
- включения и защиты угломестного привода;
- распределения напряжения $3 \times 380\text{В}$, 50Гц на двигатели вентиляции и подогрева шкафов жидкостного охлаждения аппаратуры в дежурном режиме;
- защиты цепей питания от токов короткого замыкания и перегрузок.

2.8. Конструкция антенного поста

Антенный пост Д1 конструктивно состоит из 2-х основных частей: антенного блока ДА11 и поворотной кабины ДА10, установленной на неподвижном основании повозки типа БР-227... Антенный блок установлен на 2-х специальных стойках над крышей кабины и состоит из:

- рефлектора передающей антенны;
- рефлектора приемной антенны;
- контейнера с аппаратурой, экраном и облучателями;
- угломестного привода.

Конструкция антенного блока ДА11 ~~является~~ идентична конструкции антенного блока системы С-200В.

Кабина ДА10 является основанием антенного поста и служит для размещения аппаратуры и вспомогательного оборудования. В походном положении кабина используется как транспортное средство. Перевод кабины в боевое положение осуществляется при помощи ручных гидравлических домкратов, расположенных на откидных лапах основания. В боевом положении кабина может вращаться по азимуту относительно центральной колонны, установленной на шаровой опоре хребтовой балки.

Конструкция антенного поста обеспечивает его работоспособность при ветре до 25 м/сек , а также прочность и устойчивость при ветре до

50 м/сек и воздействие ударной волны с $\Delta P_f = 0,2 \text{ кгс/см}^2$.

Для обеспечения работы аппаратуры и обитаемости отсеков в условиях ЦАЗ-ПХЗ предусмотрен режим рециркуляции. Переход в режим рециркуляции осуществляется по командам, поступающим непосредственно с поста Д1 или аппаратной кабины Д2. С этой целью в кабине ДА10 предусмотрены две фильтровентиляционные установки ФВУА-100В-24, установленные на кабине, и одна для контейнера антенного блока. Время работы аппаратуры в режиме рециркуляции при температуре окружающего воздуха $t = +50^\circ\text{C}$ равно 40 мин;

$t = +40^\circ\text{C}$ равно 60 мин., $t = +30^\circ\text{C}$ равно 90 мин. При необходимости проведения боевой работы более указанного времени режим рециркуляции переключается на режим работы вентиляции с забором наружного воздуха.

При транспортировании антенный пост разбирается с помощью автомобильного крана К-162М грузоподъемностью 16т и стрелой равной 10м и размещается на пяти специально оборудованных прицепах. Все подвижные средства в походном положении обеспечивают транспортирование:

- автомобильным транспортом транспортируются тягачами КРАЗ-255В, УРАЛ-375 и МАЗ-535А. Наибольшая высота подвижных средств антенного поста в походном положении - 3990 мм. Скорость транспортирования определяется скоростью тягача;

- железнодорожным транспортом по дорогам СССР в габарите "Очертание погрузки", по западноевропейским и другим дорогам в габарите 02-Т. При транспортировании в габарите 02-Т необходимо проводить силами боевого расчета соответствующую подготовку;

- водным транспортом;

- авиационным транспортом в разгерметизированной кабине самолетом АН-22.

2.9. Обеспечение требований электромагнитной совместимости (ЭМС)

В соответствии с "Общесоюзными нормами на уровни побочного излучения передающих устройств средств военной техники" уровень второй и третьей гармоник, а также уровень комбинационных составляющих в зондирующем сигнале радиолокатора подсвета цели не

должен превышать величину минус 60 дБ. В соответствии с нормами на электровакуумные приборы уровни второй и третьей гармоник в выходном сигнале не должны превышать величину минус 35 дБ. В связи с несоответствием указанных норм, на экспериментальном образце антенного поста было проведено предварительное измерение уровней сигналов второй и третьей гармоник в тракте передающего устройства.

Результаты измерений приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

| Измеренные уровни гармоник | | | | |
|----------------------------|--------------|----------------------|-------------|-------------|
| P_{fH} | P_{2fH} | P_{3fH} | P/P_{2fH} | P/P_{3fH} |
| 1 Вт | 10^{-3} Вт | $4 \cdot 10^{-8}$ Вт | 30 дБ | 74 дБ |

Из таблицы видно, что уровень сигнала второй гармоники не соответствует требованиям "Формальных" Общесоюзных норм". В связи с этим в тракт передающего устройства введен фильтр, обеспечивающий подавление сигнала второй гармоники на величину порядка 40 дБ. Фильтр представляет собой отрезок волновода, разделенный пополам металлической пластиной, установленной параллельно широким стенкам. Настройка фильтра до требуемой величины коэффициента стоячей волны в рабочем диапазоне частот осуществляется с помощью согласующих винтов. При этом получается согласование с КСВ порядка 1,1. Потери в фильтре в рабочем диапазоне частот составляют величину порядка 0,1 дБ. Для обеспечения нормального температурного режима фильтра используется принудительное жидкостное охлаждение. Таким образом, использование фильтра гармоник в волноводном тракте передающего устройства дает возможность уменьшить уровень сигналов гармонических составляющих в спектре излучаемого сигнала до величин, соответствующих "Формальным" Общесоюзным нормам".

3. АППАРАТНАЯ КАБИНА Д2

Аппаратная кабина радиолокатора подсвета цели предназначена для основного усиления сигнала цели и помех, выделения сигнала цели на фоне шумов и помех, определения координат цели и помехоносителей, выработки и обмена информацией со средствами ракетного дивизиона и командным пунктом, проведения тренировки боевого расчета.

Для выполнения вышеперечисленных функций в состав аппаратной кабины входят:

- приемные устройства обзора, сопровождения и отображения обстановки;
- следящие системы по дальности, скорости и угловым координатам;
- цифровая вычислительная машина,
- аппаратура управления и индикации;
- аппаратура обмена информацией со средствами стартовой позиции и командным пунктом;
- аппаратура тренировки операторов.

В аппаратной кабине находится боевой расчет радиолокатора подсвета цели и органы управления режимами работы радиолокатора.

3.1. Приемное устройство

Приемное устройство предназначено для усиления, частотной и временной селекции сигналов, преобразования их в форму, обеспечивающую визуальный и слуховой анализ обстановки, получения сигналов рассогласования для следящих систем по дальности, скорости и угловым координатам.

Приемное устройство должно обеспечивать:

- работу РЦД в режимах обнаружения и сопровождения сигналов целей при следующих формах зондирующих сигналов:

- а) непрерывный монохроматический сигнал (НЕПР);
- б) непрерывный частотно-модулированный сигнал (ЧМ);
- в) непрерывный фазокодированный сигнал (ФКМ);
- г) импульсный сигнал (ИМ);

— разрешение целей по скоростям, отличающимся на величину ≥ 4 м/сек при полосе пропускания фильтров точной селекции 203,7 Гц и на величину $\geq 0,5$ м/сек при полосе фильтров 25,4 Гц;

— разрешение целей с одинаковой отражающей поверхностью по дальности;

- а) в режиме ЧМ — не хуже 7,5 км;
- б) в режиме ФКМ — не хуже 60 м;
- в) в режиме ФКМ — не хуже 120 м;
- г) в режиме ИМ — не хуже 7,5 км;

— формирование и выдачу на следящие системы по угловым координатам, дальности и скорости сигналов рассогласования;

— коэффициент шума приемных каналов ≤ 60 ед;

— отсутствие загробления чувствительности при наличии на входе "нулевого" сигнала до 300 мВ;

— динамический диапазон:

- а) по сигналам цели — 80 дБ;
- б) по сигналам широкополосных шумовых помех — 50 дБ;

— относительную нестабильность каналов без учета автоматической подстройки усиления и фазы:

- а) по коэффициенту усиления 1–2 дБ;
- б) по фазе не более 12° ;

— развязку между каналами ≥ 40 дБ;

— формирование для индикаторов сигналов опроса гребенок фильтров точной селекции;

— формирование сигналов группы помехоносителей в картинной плоскости луча подсвета радиолокатора;

— звуковую индикацию сигналов целей в режиме захвата и сопровождения;

— определение отношения сигнал-шум.

Для решения этих задач в состав приемного устройства радиолокатора подсвета цели входят:

- приемное устройство обзора,
- приемное устройство сопровождения,
- приемное устройство отображения обстановки,
- устройство формирования гетеродинных и опорных напряжений.

Далее будет дана краткая характеристика вышеперечисленных частей приемного устройства (более полно этот материал изложен в эскизном проекте "Зенитная ракетная система большой дальности действия С-200Д" часть 6 раздел 2) и кроме того будет рассмотрено цифровое приемное устройство обзора, характеристики которого в радиолокаторе подсвета цели будут определены на этапе проведения заводских испытаний системы С-200Д.

Приемное устройство обзора (в аналоговом варианте) предназначено для усиления сигналов, их частотного преобразования, селекции по скорости и выдачи уплотненных во времени сигналов на индикаторные устройства. Приемное устройство обзора включает в себя: устройство режекции местных предметов с обводным каналом усиления сигналов в импульсном режиме работы, устройства "свертки" сигналов по дальности, гребенки грубых и точных фильтров селекции сигналов по частоте, устройства опроса фильтров и главный усилитель, с выхода которого сигналы выдаются на индикаторные устройства. Устройство режекции местных предметов обеспечивает режекцию зондирующего сигнала, отраженного от местных предметов, или непосредственно проникающего на вход приемного устройства, а также сигналов метеобразований и пассивных помех. Сигналы на вход устройства режекции местных предметов поступают с входных распределительных устройств, размещенных в приемном устройстве сопровождения. Так как динамический диапазон сигналов целей на этапе обнаружения меньше, то усиление в устройстве режекции местных предметов может быть увеличено примерно на 20 дБ по сравнению с приемным устройством сопровождения, что дает возможность скрыть под шум переходные процессы в ключах опроса фильтров. На входе приемника обзора предусмотрены ключи, с помощью которых осуществляется подача сигналов вертикальной или горизонтальной поляризации, поступающих с распределительных устройств.

Устройство "свертки" сигналов по дальности обеспечивает "свертку" сигналов, отраженных от цели при излучении различных зондирующих сигналов для последующего наведения стробов следящих систем дальности на "свернутый" сигнал. Гребенки фильтров, состоящие из фильтров грубой и точной селекции, обеспечивают частотную селекцию сигналов, чем и решается проблема скоростного разрешения целей. Гребенка фильтров грубой селекции состоит из 11 фильтров, центральные частоты которых разнесены на 4,277 кГц, а полосы пропускания равны 5 кГц. Они обеспечивают предварительную частотную селекцию сигналов в доплеровском диапазоне частот. Последовательно с каждым фильтром грубой селекции включена гребенка из 21 фильтра точной селекции, центральные частоты которых разнесены на 203,7 Гц, а полосы пропускания равны 225 ± 15 Гц. При этом полосы пропускания смежных фильтров сопрягаются по уровню не ниже -2 дБ частотных характеристик. Для обеспечения перекрытия всего диапазона доплеровских частот в приемном устройстве обзора используются две идентичные гребенки фильтров точной селекции по 105 фильтров. При этом вторая гребенка фильтров пристыкована по частоте к краям первой гребенки фильтров: по 52 фильтра с каждой стороны. Это достигается путем смещения частот гетеродинных напряжений для смесителей второй гребенки относительно частот гетеродинных напряжений смесителей первой гребенки фильтров. Для более точного частотного анализа сигналов в приемнике обзора предусматривается гребенка из 41-го фильтра с полосой пропускания каждого 25 Гц.

Главный усилитель производит усиление сигналов, поступающих с выходов фильтров точной селекции. Коэффициент усиления главного усилителя определяется из соотношения уровня шумов, выдаваемых на индикаторы, к уровню шумов, подводимых ко входу главного усилителя, и равен 64 дБ. Максимальный сигнал, выдаваемый с выхода главного усилителя на индикаторы, равен примерно 1,0 вольту. Такое соотношение сигнала и шума определяется числом яркостных градаций электроннолучевых трубок. Полоса главного усилителя ~200 кГц с тем, чтобы обеспечить фронт импульсного сигнала 5 мксек. Главный усилитель состоит из каскадов электронноцифровых аттенуаторов, с управляемым коэффициентом усиления.

Цифровое приемное устройство обнаружения предназначено для усиления сигналов, их частотного преобразования и узкополосной фильтрации в диапазоне доплеровских частот. Для реализации этих задач цифровое приемное устройство должно иметь следующие характеристики:

- чувствительность в полосе 200 Гц (совместно с входным режекторным устройством) должно быть не хуже 0,1 мкВ;

- полоса анализируемых доплеровских частот должна быть:

- а) в режимах монохроматического (МХИ) и частотно-модулированного (ЧМ) сигнала - 50 ± 100 кГц;

- б) в режиме фазокодомодулированного (ФКМ) сигнала - -50 ± 100 кГц,

исключая полосу ± 5 кГц в режимах МХИ и ФКМ в районе режекции;

- динамический диапазон не менее 80 дБ;

- подавление "нулевого" сигнала (совместно с входным режекторным устройством приемника сопровождения) не менее 120 дБ;

- отсутствие загробления чувствительности при воздействии на вход ВРУ сигнала до 200 мВ;

- обеспечивать работу в следующих режимах:

- а) режим грубой фильтрации "Обзор 1", анализирующий полосу частот 42 кГц;

- б) режим грубой фильтрации "Обзор II", анализирующий полосу частот 25 кГц;

- в) режим грубой и точной фильтрации "Обзор III", грубо анализирующий полосу частот 25 кГц и точно анализирующий полосу частот 2,29 кГц.

В связи с тем, что на цифровой приемник обзора могут поступать кроме монохроматического сигнала сигналы частотно и фазокодоманипулированные, а оцифрению и согласованной фильтрации должен подвергаться сигнал, близкий к монохроматическому, во входной аналоговой части приемного устройства производится их "свертка". Таким образом режим работы цифровой части приемного устройства не зависит от режима зондирования. Обработка сигнала осуществляется

в 2-х режимах: грубой и точной фильтрации. В режиме грубой фильтрации в каждом опросном интервале длительностью 5 мсек, цифровой приемник обзора осуществляет согласованную фильтрацию и обнаружение целей в 400 элементах разрешения по скорости в полосе 42 кГц.

В режиме точной фильтрации в каждом опросном интервале длительностью 5 мсек обработка производится в 240 элементах по скорости в полосе 25 кГц и одновременно в 128 элементах по скорости в полосе 2 кГц.

Структурная схема цифрового приемного устройства приведена на рис.3.1. В состав схемы входят:

- аналоговый преселектор, осуществляющий режекцию нулевого сигнала и сигналов пассивных помех, преобразование частоты и формирование анализируемой полосы доплеровских частот;
- аналого-цифровые преобразователи, осуществляющие преобразование анализируемой полосы в видеочастоту, временную дискретизацию и амплитудное квантование;
- три одинаковых блока процессоров, осуществляющие многоканальную доплеровскую фильтрацию;
- центральный блок, осуществляющий общую синхронизацию и управление, а также весовую фильтрацию, детектирование информации и рециркуляцию сигнала для организации режима точной фильтрации;
- блок автосъема, предназначенный ^{в перспективе} для автоматического обнаружения сигнала цели в доплеровском диапазоне частот и сопряжения с ЦВМ;
- блок сопряжения с индикаторными устройствами аппаратной кабины.

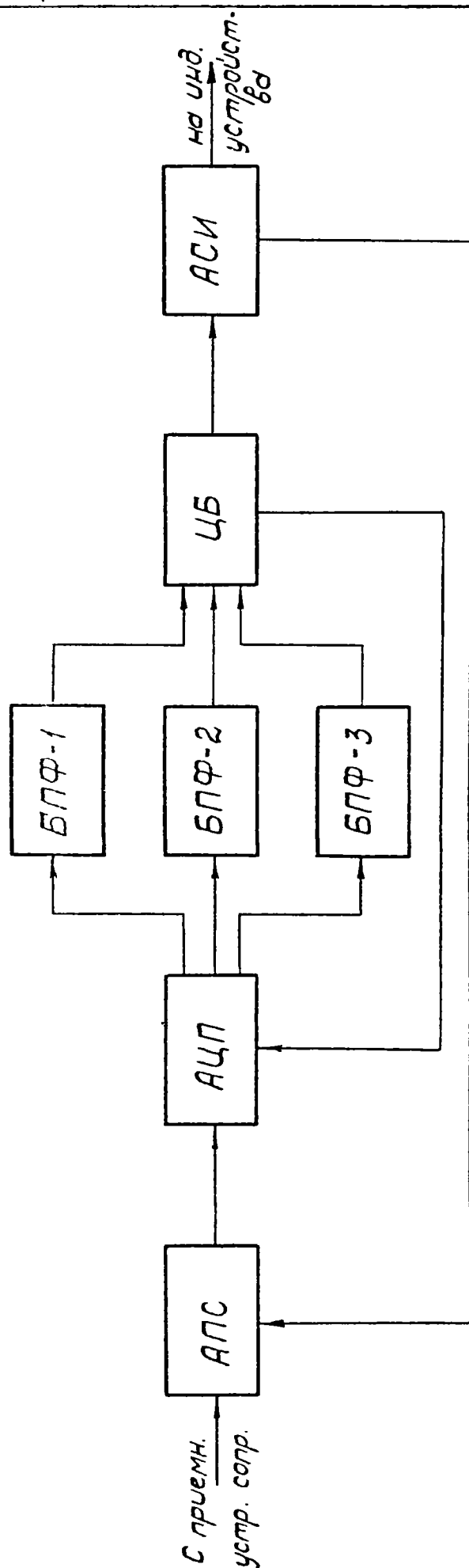
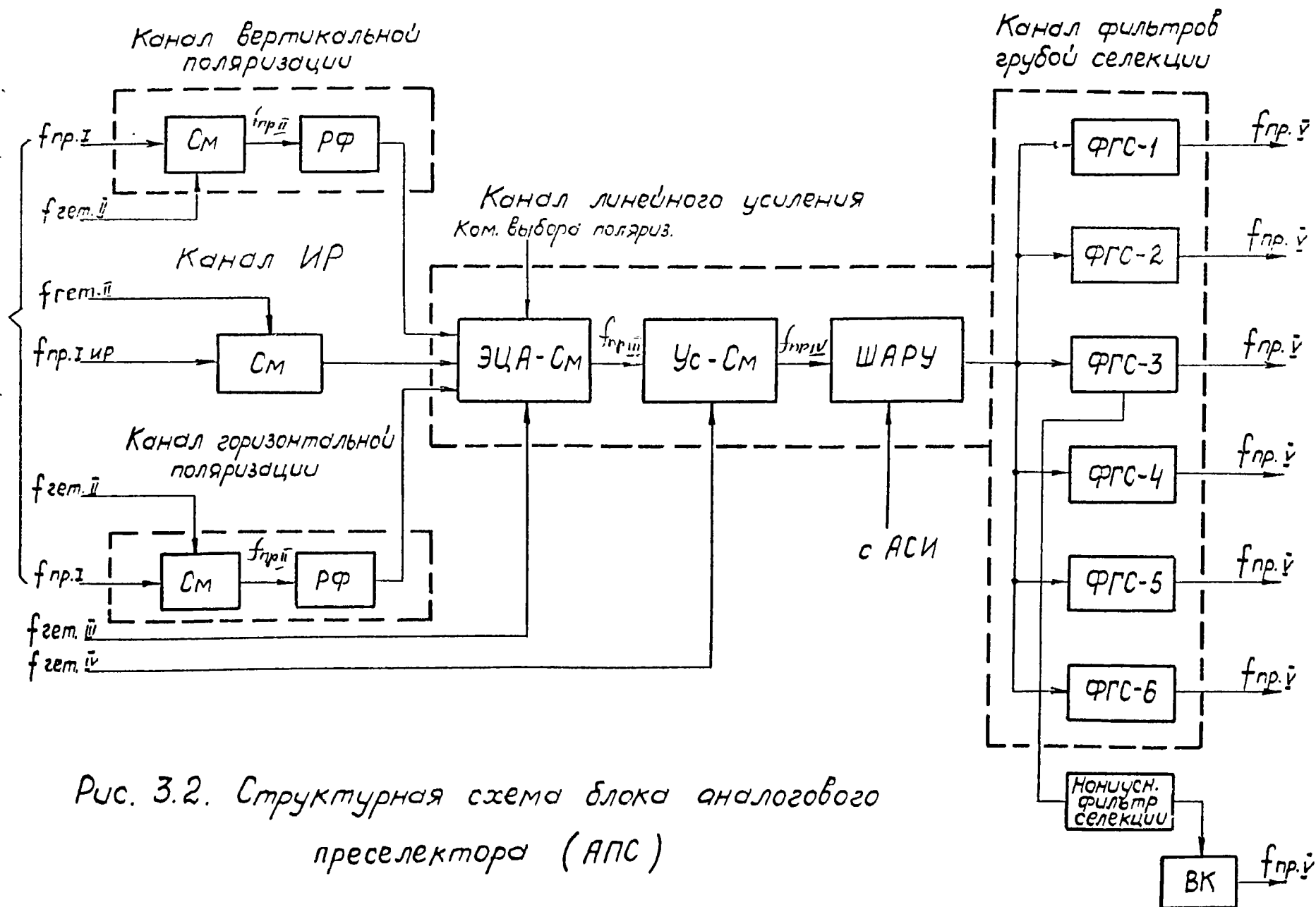


Рис. 3.1. Структурная схема цифрового приемного устройства

Аналоговый преселектор (АПС) является входной частью цифрового приемного устройства и выполнен аналогично преселектору аналогового приемника обзора. Структурная схема блока АПС представлена на рис. 3.2... На вход АПС из входного распределительного устройства (ВРУ) приемника сопровождения поступают суммарные сигналы (Σ_v и Σ_r) отдельно по каждому типу поляризации. Обработка сигнала ведется в двух параллельных каналах, в каждом из которых осуществляется режекция нулевого сигнала на величину не менее, чем 96 дБ, преобразование сигнала на вторую промежуточную частоту и свертка по дальности. Затем сигналы Σ_v и Σ_r поступают на схему выбора поляризации, преобразуются на третью промежуточную частоту и по одному входу поступают в канал линейного усиления и фильтрации.

Коэффициент усиления блока АПС равен 52 дБ в полосе 42 кГц и 25 кГц (режимы "Обзор I" и "Обзор II") и - 57 дБ в полосе 2,29 кГц (режим "Обзор III"). Динамический диапазон канала усиления не менее 80 дБ, регулировка усиления осуществляется с помощью ШАРУ. Анализ полосы доплеровских частот производится пятью фильтрами грубой селекции с полосой 8,4 кГц по уровню - 3 дБ каждый. Сигнал с выхода центрального по частоте фильтра поступает на вход нониусного фильтра с полосой 2,29 кГц.

В импульсном режиме сигнал проходит по "обводному" каналу с полосой 150 кГц и коэффициентом передачи ≈ 40 дБ. Сигналы с выходов фильтров на пятой промежуточной частоте поступают в шестиканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Структурная схема блока АЦП приведена на рис. 3.3....



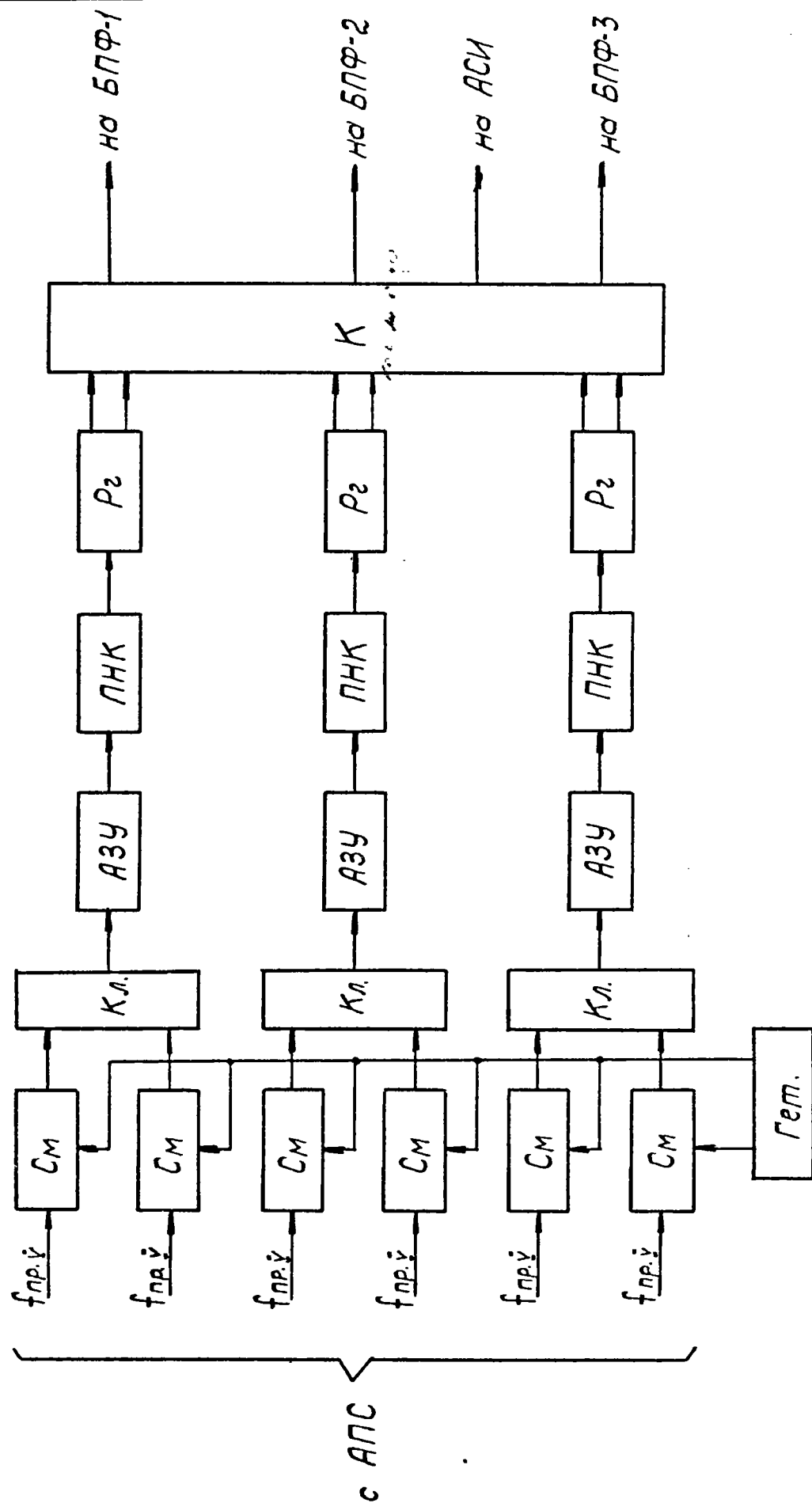


Рис. 3.3. Структурная схема блока аналого-цифрового преобразователя (АЦП)

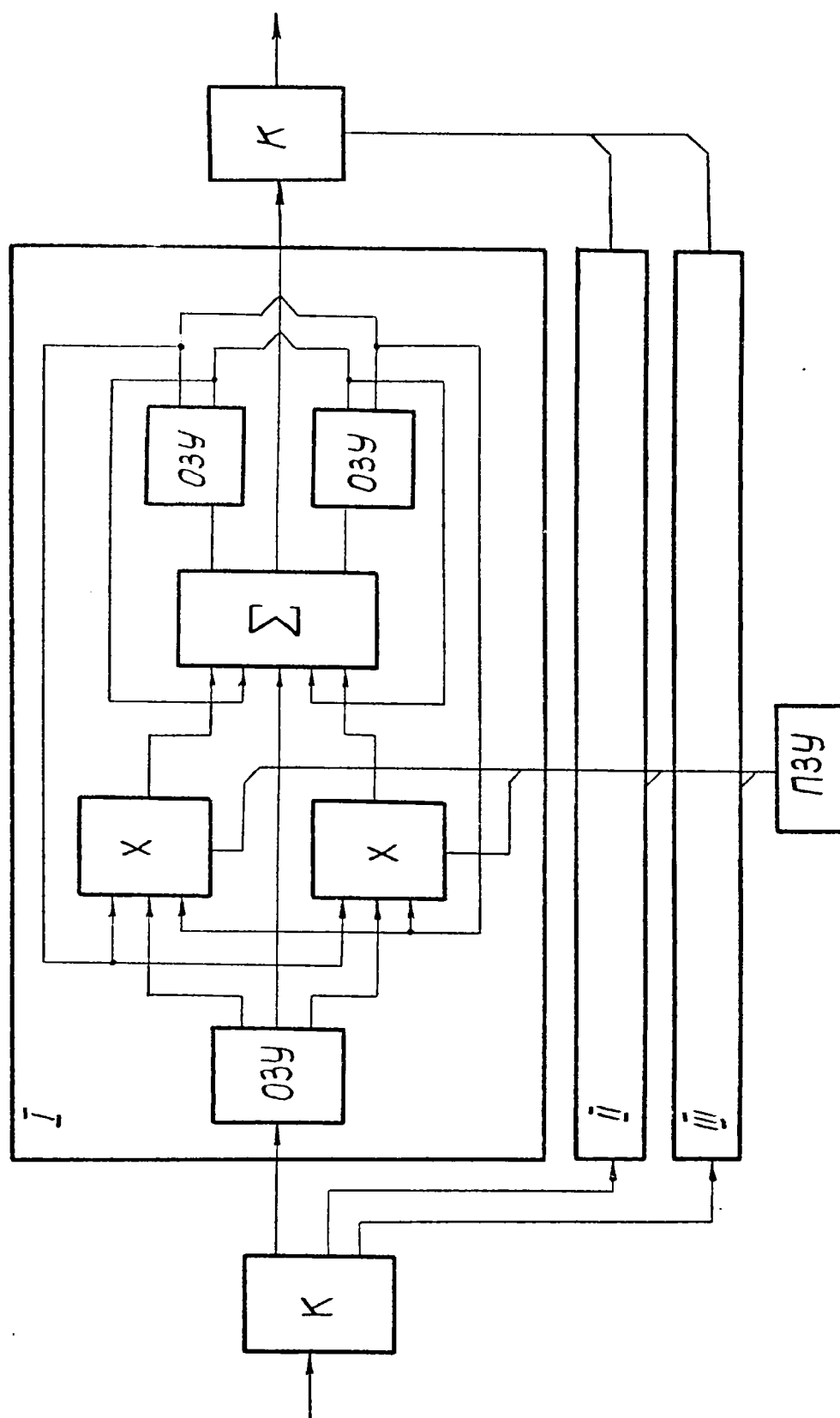


Рис. 3.4. Структурная схема блока вычислителей быстрого преобразования Фурье (БПФ)

В аналого-цифровом преобразователе осуществляется частотное преобразование сигналов, дискретизация в анализируемой полосе частот преобразования в кодовые последовательности, размножение и коммутацию последних в соответствии с алгоритмами вычислителя и режимами обзора. Интервал дискретизации в режимах Обзор I, II равен 36 мксек при полосе фильтрации, измеряемой на уровне - 70 дБ, 13,7 кГц. В режиме обзор III интервал дискретизации равен 72 мксек при полосе фильтрации, измеряемой на уровне -70 дБ, 7 кГц. Работа АЦП осуществляется по методу поразрядного взвешивания, разрядность выбрана в соответствии с требуемым динамическим диапазоном. Быстродействие соответствует темпу оцифровки и равно 18 мксек. Анализ спектра сигнала производится с использованием вычислителей быстрого преобразования Фурье (БПФ) по 384 последовательностям отсчетов с выхода фильтров. Информация с коммутатора АЦП параллельно распределяется по 6 каналам в определенном порядке в зависимости от выбранного режима обзора, и размножается с целью повышения быстродействия на три вычислителя БПФ, поскольку вычислитель может обрабатывать только 128 комплексных отсчетов в 6 каналах за 15 мс. Вычислитель БПФ содержит три процессора конвейерного типа, т.е. последовательность входных отсчетов обрабатывается непрерывным потоком. Параллельный набор из 3-х вычислителей анализирует за время обзора спектр сигнала в полосе 42 кГц в режиме "Обзор I". Выбор структуры вычислителя обусловлен высокой надежностью, универсальностью и простотой в настройке. Структурная схема БПФ приведена на рис. 3.4. Вычислитель содержит три одинаковых процессора, в каждом из которых параллельно обрабатывается две последовательности по 128 комплексных отсчетов каждая. В состав процессора входят коммутатор (К) и оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), а также арифметическое устройство, в котором последовательно обрабатывается по 128 отсчетов на каждой из 8 итераций. Время обработки одной выборки 12 мс, динамический диапазон равен 60 дБ. На вход каждого процессора поступают 2 последовательности кодовых импульсов по 128 комплексных отсчетов. В режиме "Обзор I" каждый из трех процессоров вычисляет частичный спектр двух последовательностей отсчетов из шести в полосе 42 кГц за время 15 мс. В режиме "Обзор II" аналогичные вычисления

проводятся в полосе 25 кГц за время 7,5 мсек3 режиме "Обзор Ш"-в полосе 25 кГц за время 15 мсекив полосе 2,29 кГц за 60 мсек одновременно.

Результирующий спектр сигнала формируется с использованием ОЗУ и суммарно-разностных схем (Σ), реализованных в центральном блоке (ЦБ). Структурная схема центрального блока приведена на рис. 3.5.

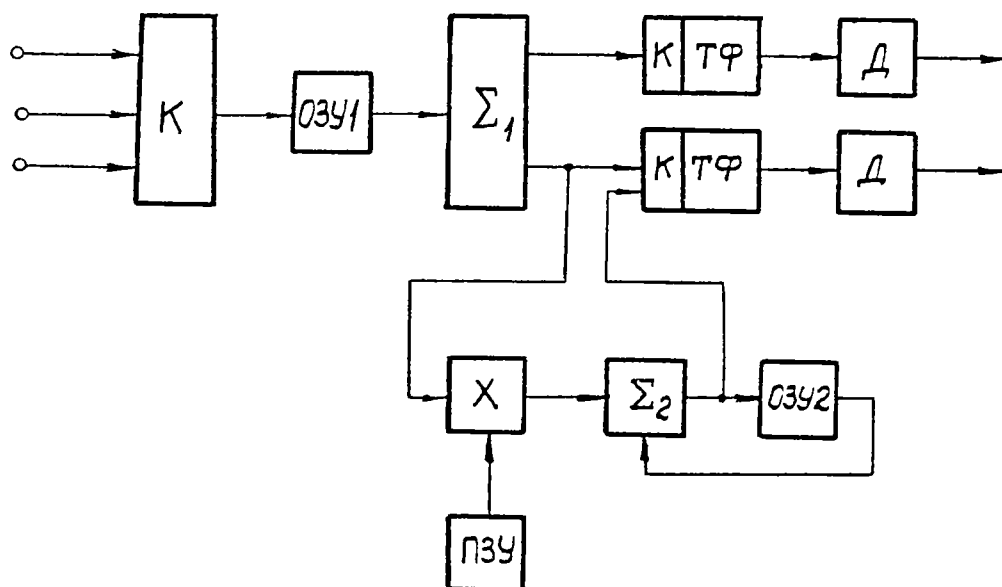


Рис. 3.5. Структурная схема центрального блока

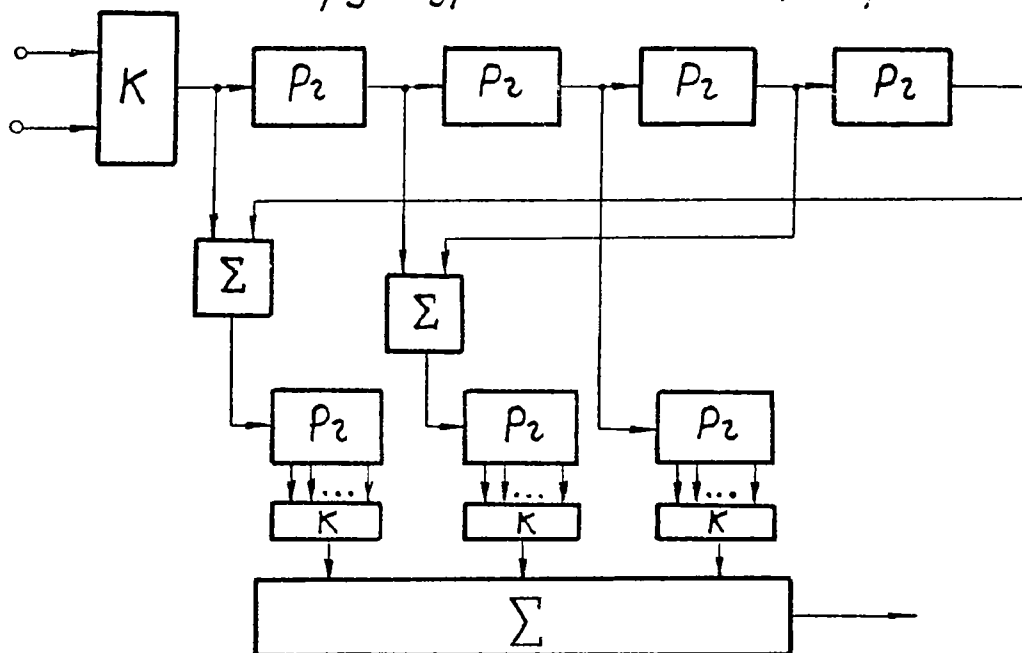


Рис. 3.6. Структурная схема трансверсального фильтра

Информация с выхода 3-х блоков БПФ собирается на коммутаторе (К) центрального блока и поступает в ОЗУ и суммарно-разностную схему, где происходит восстановление частичных спектров входных последовательностей отсчетов по каждому каналу грубой и нониусной фильтрации. Причем восстановление спектра для нониусного фильтра осуществляется с помощью перемножителя, ПЗУ весовых коэффициентов, сумматора, и элемента задержки на ОЗУ2. Для уменьшения уровня боковых лепестков результирующего спектра до 60 дБ используется весовая трансверсальная фильтрация (ТФ). Структурная схема трансверсального фильтра приведена на рис. 3.6.

С помощью сдвигающего регистра (РГ) и системы регистр-коммутатор (Рг-К) в трансверсальном фильтре реализуется сдвиг сигнала, умножение его на переменные коэффициенты импульсной характеристики фильтра, что позволяет оперативно менять селективность и разрешающую способность ЦПО.

Выходным элементом центрального блока является детектор, выделяющий амплитуду спектральных составляющих сигнала. Детектор выполняет четыре идентичных итерации рекуррентного алгоритма, каждая из которых построена на регистрах (Рг) и суммарно-разностных схемах (Σ). С выхода детектора сигналы по двум каналам поступают на аппаратуру съема информации (АСИ). Структурная схема блока АСИ приведена на рис. 3.7.

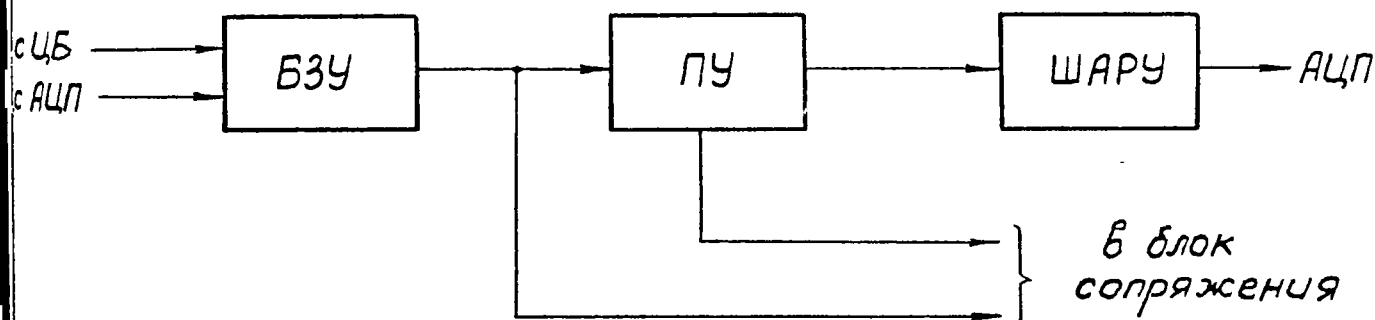


Рис. 3.7. Структурная схема аппаратуры съема информации

Блок съема информации (АСИ) производит операции временного масштабирования сигналов и расстановку их внутри доплеровского диапазона, а также селекцию выборок сигналов, превышающих пороговый уровень.

Пороговый уровень устанавливается пропорционально оценке среднего уровня шума и требуемой величине вероятности ложной тревоги. Оценка среднего уровня шума осуществляется адаптивным пороговым устройством. Управление уровнем шума производится через схему ШАРУ аналогового преселектира. С выхода блока съема информации (АСИ) параллельный код амплитуд сигналов и сигналы превышения порога поступают на блок сопряжения цифрового приемного устройства с электронно-лучевыми индикаторами рабочих мест операторов захвата и сопровождения. В блоке сопряжения осуществляется преобразование цифрового параллельного кода в сигналы, аналогичные сигналам, формируемым аналоговым приемным устройством обзора. В состав блока входят преобразователи кода в напряжение, осуществляется селекция получаемых видеосигналов в соответствии с принятой расстановкой сигналов в доплеровском диапазоне на электронно-лучевых индикаторах операторов. Кроме того, в блоке сопряжения расположены преобразователи напряжения в код, с помощью которых осуществляется формирование кодов управления цифровой регулировки усиления приемника.

Применение цифрового приемного устройства в радиолокаторе позволит отказаться от большого количества кварцевых фильтров, упростить процесс настройки ^{в дальнейшем} и при наличии достаточно быстродействующей вычислительной машины производить автоматическое обнаружение и захват на автосопровождение сигнал цели по скорости.

Приемное устройство сопровождения предназначено для выработки сигналов рассогласования, необходимых для работы следящих систем по дальности, скорости и угловым координатам и состоит из четырех приемных каналов (Σ_v , D_v , ε_v , β_v) сигналов вертикальной поляризации и из четырех аналогичных каналов (Σ_g , D_g , ε_g , β_g) сигналов горизонтальной поляризации. Все приемные каналы унифицированы вплоть до выходных перемножителей, формирующих дискриминационные характеристики. Количество ступеней преобразования частоты и их функциональное назначение в приемном устройстве сопровождения и приемном устройстве обзора идентичны. Особенностью приемного устройства сопровождения является использование в нем в качестве нормирующего элемента двухчастотного усилителя-ограничителя, вместо усилителя, управляемого системой АРУ по сигналу. С выхода усилителей-ограничителей сигналы попадают на дискриминаторы, с помощью которых в приемном устройстве сопровождения формируются сигналы ошибок сопровождения цели по угловым координатам и дальности. Кроме того, с выхода усилителей-ограничителей сигналы поступают на схему выбора поляризации. Выбор поляризации осуществляется по сигналам суммарных каналов. Уровни сигналов этих каналов сравниваются в цифровом виде и вырабатывается признак наибольшего сигнала одной из поляризаций. Так как в этом устройстве измеряются уровни сигналов в цифровом виде, то оно может быть использовано для измерения отношения сигнал-шум. В приемном устройстве сопровождения производится автоматическое выравнивание коэффициентов усиления и фазовых характеристик по пилот-сигналу, поступающему на вход приемных устройств из антенного поста, общее время подстройки составляет ≈ 200 мсек.

Приемное устройство отображения обстановки предназначено для:

- выработки сигналов рассогласования, используемых на индикаторе "картинная плоскость";
- выработки сигналов для звуковой индикации.

В целях повышения эффективности работы радиолокатора подсвета цели в условиях активных помех от группы постановщиков, находящихся в луче диаграммы направленности, используется индикатор "картинная плоскость", который позволяет решать следующие задачи:

- оценивать помеховую обстановку в луче диаграммы направленности;
- визуально определять угловой размер сопровождаемой групповой цели в случае постановки непрерывных шумовых помех;
- оценивать ошибку пеленга каждого постановщика в группе из 2-х + 3-х постановщиков помех и осуществлять ручное сопровождение выбранного элемента групповой цели. Работа индикатора "картинная плоскость" основана на анализе и обработке сигналов угловых рассогласований, выделяемых на выходе синфазного и квадратурного фазовых детекторов.

Блок-схема индикатора "Картинная плоскость" представлена на рис.3.8. Выходы разностных угловых каналов на 2-х поляризациях по одной из угловых координат после нормирующего главного усилителя и схемы временного уплотнения поступают на пару фазовых детекторов (обычного и квадратурного). Опорное напряжение квадратурных фазовых детекторов сдвинуты на 90° относительно основного опорного сигнала, следовательно, на их выходах сигнал будет отсутствовать при сопровождении одиночной цели. При появлении шумовой помехи от 2-х или 3-х целей одновременно сдвиг фазы равный 90° будет нарушаться, что вызывает появление сигнала на выходе квадратурных фазовых детекторов. Выход основного фазового детектора через узкополосный фильтр низкой частоты подключен к сумматору, к которому также подключен выход квадратурного фазового детектора через широкополосный фильтр низкой частоты. Основные каналы фазовых детекторов (вследствие узкой полосы пропускания фильтров низкой частоты) показывают положение энергетического центра нескольких одновременно работающих источников помех, а дополнительные - мгновенные колебания этого сигнала около энергетического центра. На экране индикатора наличие двух одновременно излучающих источников шумов будет отображаться в виде различной прямой линии, концы которой соответствуют угловым рассогласованиям по обоим углам относительно направления пеленга. Наличие в луче диаграммы направленности приемной антенны РПЦ одновременно трех и более постановщиков помех индицируется на экране индикатора в виде размытого эллипса с большей или меньшей эллиптичностью. С помощью методов визуально определяется угловой размер сопровождаемой груп-

повой цели. В режиме ручного сопровождения цели возможно сопровождение и преимущественный подсвет выбранного элемента групповой цели.

Устройство звуковой индикации является частью приемного устройства и предназначено для преобразования принятого сигнала от цели в сигнал, воспринимаемый на слух с помощью головных телефонов. В режиме обнаружения и наведения устройство звуковой индикации позволяет обнаружить цель и наводить на принятый сигнал следящую систему по скорости. В режиме сопровождения устройство звуковой индикации позволяет прослушивать модуляционные составляющие отраженного от цели сигнала, что дает возможность судить о типе сопровождаемой цели.

Устройство формирования гетеродинных напряжений предназначено для обеспечения гетеродинными напряжениями всех ступеней преобразования в приемных устройствах. Все гетеродинные напряжения (кроме первого высокочастотного и второго гетеродина) формируются из опорного кварцевого генератора с частотой 12,375 мГц. Формирование частот гетеродинных напряжений осуществляется путем деления, умножения и преобразования частоты опорного генератора. Такое построение схемы формирования гетеродинных напряжений обеспечивает высокую когерентность сигналов при всех частотных преобразованиях и позволяет построить приемный тракт с максимальной компенсацией возможных уходов частоты.

Для формирования гетеродинирующего напряжения второго смесителя используется напряжение двух опорных кварцевых генераторов: напряжение кварцевого генератора с частотой 42,075 мГц и напряжение опорного кварцевого генератора 12,375 мГц. Напряжение с частотой 42,075 мГц используется в качестве подготовки на смесительный клистрон передатчика для образования после первого смесителя в приемнике первой промежуточной частоты. Одновременное использование напряжения этой частоты для формирования подставки передатчика и гетеродинного напряжения второго смесителя обеспечивает компенсации нестабильности кварцевого генератора.

Устройство формирования гетеродинирующих напряжений "свертки" сигналов при работе в режимах частотной модуляции, фазокодовой манипуляции и импульсной модуляции предназначено для синтезированных двух опорных гетеродинирующих сигналов, один из которых

аналогичен по спектрально временным характеристикам отраженному от цели сигналу, а другой — его производная по времени. Соответствующим образом сформированные и управляемые по задержке гетеродинирующие напряжения позволяют реализовать следящие системы по дальности с характеристиками, близкими к оптимальным. При частотной модуляции сигнала гетеродинирующее напряжение и его производная по задержке могут быть представлены в виде следующих выражений:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} u(t-\tau) e^{-j(\omega_c + \omega_{np})t} &= \cos[(\omega_c + \omega_{np})t + \psi(t-\tau)] \\ \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{Re} u(t-\tau) e^{j(\omega_c + \omega_{np})t} &= \Delta\omega(t-\tau) \sin[(\omega_c + \omega_{np})t + \psi(t-\tau)] \end{aligned}$$

Таким образом, гетеродинирующее напряжение для одного смесителя представляет собой частотномодулированный сигнал с индексом модуляции, равным индексу модуляции принимаемого сигнала, а гетеродинирующее напряжение для другого смесителя получается из первого в результате сдвига по фазе на величину $\pi/2$ и амплитудной модуляции его по закону $\Delta\omega(t-\tau)$.

В режиме частотной модуляции при сопровождении цели, имеющей малую радиальную скорость, спектр сигнала еще до "свертки" попадает в режекторный фильтр, используемый в приемном канале для режекции сигналов от местных предметов. При этом спектр сигнала цели сильно искажается амплитудно-фазовой характеристикой режекторного фильтра. Поэтому для обеспечения качественной "свертки" сигналов во всех каналах приемного устройства при формировании гетеродинных напряжений необходимо ввести аналогичные амплитудно-фазовые искажения в спектр сигнала, зависящие как от величины индекса модуляции, так и от величины доплеровского смещения ждущей частоты сигнала сопровождаемой цели. Такое построение канала формирования гетеродинов "свертки" несколько усложняет аппаратуру, но призвана обеспечить более высокие характеристики приемного устройства.

3.2. Следящие системы

Следящая система дальности предназначена для обзора по дальности, захвата на автоматическое сопровождение цели, выработки ее

координат в цифровом виде, а также для формирования координаты скорости цели при работе в режиме импульсной модуляции. Следящая система строится как аналого-цифровая с общим для всех режимов зондирования дискриминатором и общим исполнительным элементом, вырабатывающим необходимые временные задержки "ведущего" импульса дальности относительно момента начала отсчета. К импульсу "ведущей" дальности привязываются по фазе модулирующие напряжения дальности:

- в режиме ЧМ - частотно-модулированное напряжение, фаза модуляции которого определяется значением координаты текущей дальности;
- в режиме ИМ - селектирующие импульсы дальности и стробы сопровождения;
- в режиме ФКМ - модулирующие импульсы напряжения.

Сигнал ошибки по дальности на промежуточной частоте образуется в приемном устройстве сопровождения во всех режимах зондирования путем перемножения отнормированного сигнала цели на выходе суммарного канала и сигнала на выходе канала дальности, представляющего собой производную суммарного сигнала. В устройствах следящей системы производится детектирование сигнала ошибки и преобразование его в цифровую форму.

Система сопровождения по дальности должна отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать сопровождение целей, динамические характеристики которых соответствуют следующим максимальным значениям:
 - а) дальность - 750 км;
 - б) скорость - 1800 м/сек;
 - в) ускорение - 140 м/сек²;
- динамическая ошибка сопровождения в режиме ФКМ не превышает 10м;
- ошибка измерения дальности в режиме ЧМ не превышает 700м;
- частота следования зондирующего сигнала в режиме ИМ - 203,7 Гц;
- длительность импульса зондирующего сигнала в режиме ИМ - 100 мксек;

— в режиме ФКМ закон модуляции зондирующего сигнала должен представляться 15-ти элементным кодом;

— частота обзора по дальности в режиме ЧМ ≈ 2 Гц;

— частота обзора по дальности в режиме ФКМ ≈ 10 Гц.

В соответствии с вышеизложенным следящая система дальности включает в себя следующие устройства:

— дискриминатор дальности, состоящий из фазового детектора и арифметического устройства;

— исполнительный элемент (устройство переменной задержки), состоящий из преобразователя кода во временной интервал и преобразователя кода в фазу;

— устройство формирования гетеродинных напряжений режима ЧМ, состоящее из формирователя напряжения модуляции и модулятора;

— формирователя модулирующих напряжений режима ФКМ и импульсов текущей дальности режима ИМ.

Следящая система скорости предназначена для автоматического сопровождения радиальной скорости цели. Система формирует два синусоидальных напряжения, которые являются гетеродинными для приемного устройства обзора и приемного устройства сопровождения. Частота напряжения для приемного устройства сопровождения изменяется в процессе автосопровождения так же, как изменяется доплеровская составляющая частоты сопровождаемого сигнала. Частота напряжения для приемника обзора во всех случаях, кроме работы в условиях уводящей по скорости помехи, совпадает с частотой гетеродина сопровождения, а в последнем случае управляется оператором. Это управление, так же как и исходная установка частоты напряжения (наведение следящей системы по скорости) производится под воздействием цифрового кода наведения, поступающего на вход системы скорости. Максимальное время перестройки системы из одного края заданного доплеровского диапазона в другой не превышает 1 сек. Сигнал ошибки сопровождения формируется из выходного сигнала приемного устройства в одном из двух частотных дискриминаторов:

— с шириной характеристики 200 Гц,

— с шириной характеристики 2 кГц.

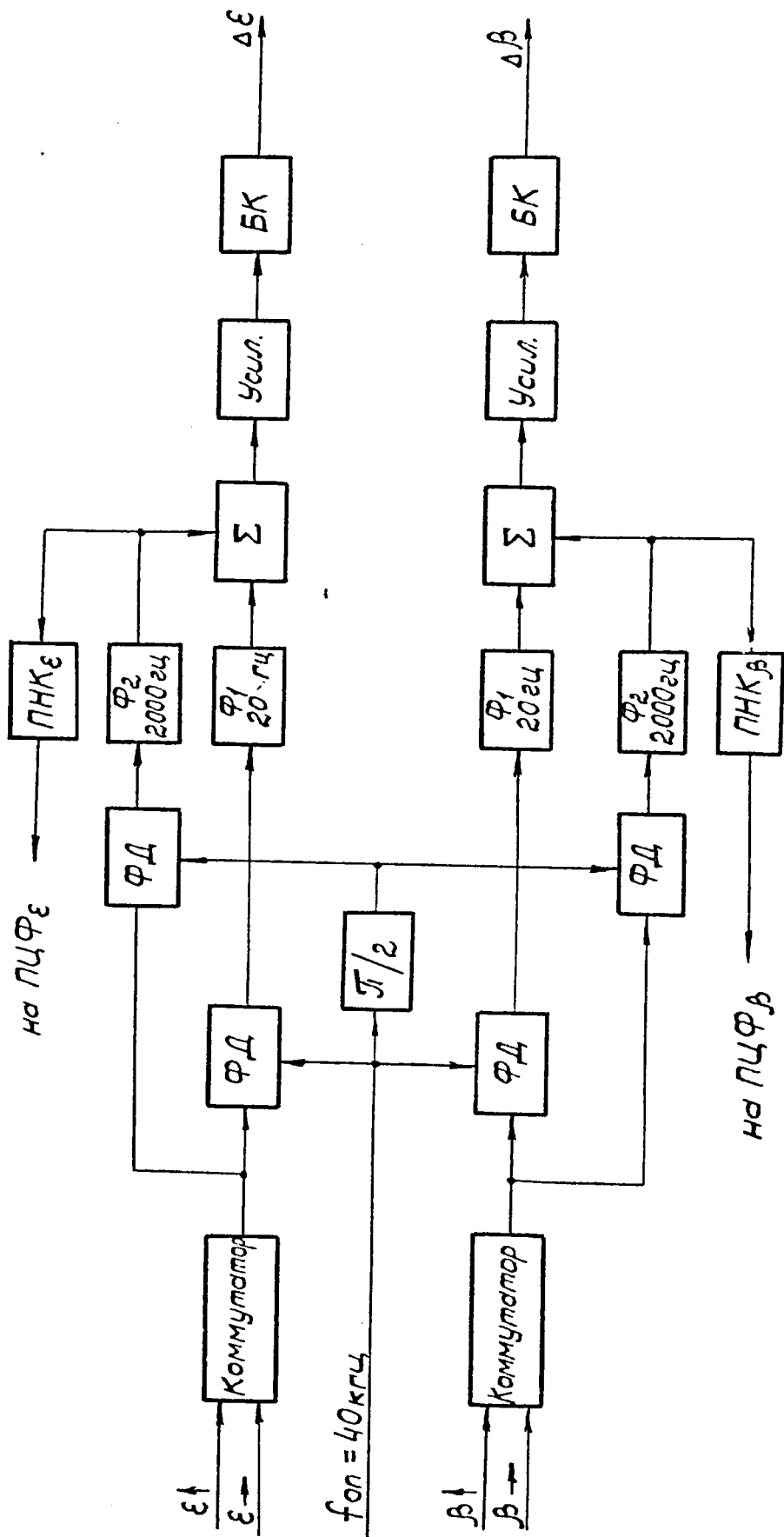


Рис. 3.8. Функциональная схема индикатора "картинная плоскость" приемного устройства отображения обстановки

На вход первого дискриминатора поступает сигнал с выхода фильтра точной селекции приемного устройства, а на вход второго — с выхода фильтра грубой селекции.

Основными режимами следящей системы является режим работы с частотным дискриминатором, имеющим ширину характеристики 200 Гц. В этом режиме следящая система обеспечивает сопровождение целей, имеющих ускорение до 140 м/сек^2 и изменение ускорения до 200 м/сек^2 . При работе по определенному классу помех используется дискриминатор с шириной характеристики 2 кГц. В этом случае следящая система обеспечивает сопровождение сигнала помехи до тех пор, пока величина частотного рассогласования между частотами напряжений гетеродинов приемного устройства обзора и сопровождения не достигнет заранее установленного порога 0,4 или 4 кГц. При достижении порога следящая система автоматически за время $\leq 0,1 \text{ сек}$ переходит в положение, соответствующее частоте гетеродинного напряжения приемного устройства обзора.

В соответствии с вышеизложенным следящая система по скорости включает в себя следующие устройства:

- канал сопровождения;
- канал обзора;
- общую часть.

Каждый из каналов содержит управляемый по частоте LC-генератор, вырабатывающий гетеродинные напряжения для приемных устройств обзора и сопровождения, а общая часть состоит из формирователя сигнала ошибки наведения, формирователя синхронизирующих напряжений и схемы формирования и анализа команд.

Следящая система сопровождения по углам предназначена для управления положением антенной системой по азимуту и углу места и сопровождения цели по угловым координатам и должно обеспечивать:

- разворот антенной системы по азимуту вкруговую, по углу места от -3° до $+90^\circ$;

- разворот антенной системы в режиме целеуказания по азимуту на угол 180° , по углу места на 70° за время $\leq 16 \text{ сек}$;

- прохождение приводом по углу места в режиме "Поиск" сектора $2,8^{\circ}$ за время ≈ 1 сек; при этом суммарное время с учетом разгона и торможения не превышает 3 сек;

- захват и сопровождение целей при угловых скоростях до $3^{\circ}/\text{сек}$ и угловых ускорениях до $0,15^{\circ}/\text{сек}^2$;

- суммарную ошибку автосопровождения по углу места - $9'$, по азимуту - $8'$ не более;

- управление антенной системой в режиме ручного наведения в пределах рабочих углов;

- автономное (без аппаратной кабины) управление антенной системой с пульта управления, расположенного в антенном посту.

Следящие системы по азимуту и углу места аналогичны и отличаются только исполнительной частью силового привода.

В режимах целеуказания и ручного наведения информация о необходимом угловом положении поступает на вход следящих систем в виде 16 разрядного двоичного кода (дискретность 20 угловых секунд). Сигналом управления в этих режимах является разность между данными целеуказания, поступающими от командного пункта через ЦВМ "Пламя КВ" или датчика ручного наведения с пульта оператора и данными устройства измерения угловых координат, связанных с угломестной и азимутальной осями вращения антенн. Вычисленная в арифметическом устройстве разность между этими координатами, преобразуемая в напряжение постоянного тока, поступает на усилитель управления приводом и далее на исполнительную часть привода.

Для обеспечения необходимых динамических качеств систем применяются корректирующие обратные связи по скорости и ускорению.

В режиме "Поиск" по сигналам от ЦВМ производится разгон угломестного привода и прохождения с постоянной скоростью угла $2,8^\circ$. Уточнение координаты угла по азимуту производится с помощью растровой головки антенны при неподвижном азимутальном приводе. После уточнения координат цели угловые следящие системы по команде оператора отрабатывают поправку, вырабатываемую индикаторным устройством.

В режиме автосопровождения сигнал управления приводом с приемного устройства поступает на вход следящей системы в виде переменного напряжения, амплитуда которого соответствует величине ошибки, а фаза — знаку ошибки. Этот сигнал поступает на вход фазового детектора, который преобразует переменное напряжение в постоянное. Постоянное напряжение с выхода фазового детектора поступает на ПНК, с которого сигнал управления в цифровом виде по линии связи поступает на ПЧН. Дальнейшее прохождение сигнала аналогично прохождению сигнала в режиме ЦУ. Удовлетворяет вышеперечисленным требованиям следящая система с астатизмом первого порядка.

3.3. Аппаратура управления и индикации

Рабочие места операторов.

Рабочее место оператора наведения предназначено для:

- ручного наведения угловых следящих систем и систем скорости на цель ;
- ручного сопровождения целей по углу места и азимуту ;
- формирования команд управления режимами "Поиска" ;
- индикации углового положения антенн ;
- включения всех средств радиолокатора и переключения режимов работы ;
- контроля за параметрами функциональных устройств ;
- индикации процесса поиска цели по угловым координатам ;
- индикации целей в картинной плоскости луча подсвета.

Для выполнения вышеперечисленных функций на рабочем месте оператора наведения расположены:

- три индикатора, выполненные на электронно-лучевых трубках в том числе:

- а) индикатор контроля, представляющий из себя осциллограф и позволяющий осуществлять визуальный контроль выходных параметров различных функциональных устройств;

- б) индикатор поиска по угловым координатам, работающий в режиме секторного и "косого" поиска. В режиме секторного поиска на экране индикатора отображается картина опроса фильтров за время прохода лучом антенны сектора $2,8^{\circ} \times 2,8^{\circ}$. В режиме "косого" поиска на экране индикатора отображается картина просмотра на разных азимутах пространства подсвеченного лучом радиолокатора;

- в) индикатор "картинная плоскость", с помощью которого может быть обеспечено разрешение группы помехоносителей по угловым координатам;

- световые табло, на которых отображается состояние средств радиолокатора, режимы работы и включения;

- органы управления режимами работы радиолокатора;

- цифровые индикаторы по азимуту и углу места, отображающие положение луча подсвета радиолокатора;

- штурвалы управления положением антенной системы;

- органы оперативного управления, включающие в себя кнопочные переключатели и шаровой орган наведения, с помощью которых оператор участвует в боевой работе;

- табло ТРЕВОГА и ПАЗ-ПХЗ для сигнализации о поступлении с командного пункта сигнала об угрозе нападения;

Кроме того, на рабочем месте оператора наведения расположена аппаратура, позволяющая осуществлять громкоговорящую связь с антенным постом и ДЭС, а также блок управления контрольной вышкой ДЮ.

Рабочее место оператора захвата предназначено для:

- выбора вида излучаемого радиолокатором сигнала;

- ручного управления положением следящих систем скорости и дальности;

- перевода в режим автоматического сопровождения следящих систем по углам, дальности и скорости;

- цифровой индикации положения следящих систем дальности и скорости, а также отношения сигнал-шум;
- индикации полной дальности в режимах частотной и импульсной модуляции;
- индикации такта неоднозначной дальности в режиме фазокодоманипулированного сигнала;
- индикации процесса опроса фильтров с целью осуществления сопровождения цели при наличии уводящей по скорости помехи.

Для выполнения вышеперечисленных функций на рабочем месте оператора захвата расположены:

- три индикатора выполненные на электронно-лучевых трубках в том числе:

а) индикатор наведения и захвата по скорости в режимах монохроматического излучения и наведения и захвата по скорости и дальности в режиме частотномодулированного излучения. Индикатор работает в координатах „V - Д”. По координате скорости на экране отображается картина опроса 210 или 105 фильтров в зависимости от режима, а по координате дальности осуществляется просмотр зоны ≈ 750 км.

б) индикатор наведения и захвата по скорости в пределах неоднозначной дальности в режиме фазокодоманипулированного сигнала. Индикатор работает в координатах „V - Д”. По координате скорости на экране отображается картина опроса 105 фильтров, а по координате дальности осуществляется просмотр зоны ≈ 900 м.

в) индикатор, работающий в 2-х режимах "ручной указки" и полной дальности, в режиме импульсного излучения зондирующего сигнала. В режиме автоматического сопровождения индикатор используется для наведения по скорости на цель в случае появления помехи. На экране отображается картина опроса 210 или 105 фильтров, по вертикали наблюдаются амплитудные отметки, характеризующие величину сигнала в каждом фильтре. В случае появления помехи оператор имеет возможность ^{держат} отметку цели внутри меток стробов сопровождения. При импульсном режиме работы с помощью этого индикатора по отдельным видам ретрансляционных помех можно осуществлять наведение следящей системы дальности на цель.

- цифровые индикаторы, отображающие текущее значение координат скорости и дальности, и величины отношений сигнал-шум;
- световые табло контроля действия оператора;
- световые табло, сигнализирующие о включении соответствующего режима излучения радиолокатора;
- световые табло, сигнализирующие о наличии автоматического сопровождения цели по угловым координатам, дальности и скорости;
- органы включения определенного режима излучения;
- органы ручного наведения следящих систем по скорости и дальности на цель и перевода их в режим автоматического сопровождения.

Рабочее место оператора пуска предназначено для:

- управления режимом подготовки ракет на пусковых установках;
- индикации хода подготовки ракет к пуску;
- выбора режима захвата целей аппаратурой ГСН;
- определения момента пуска ракет и производства пуска;
- запроса и контроля государственной принадлежности цели.

Кроме того в состав шкафа, в котором расположено рабочее место оператора пуска входят устройства сопряжения аппаратуры аппаратной кабины с командным пунктом КЭМ, кабиной подготовки старта КЗВ и ЦВМ "Пламя КВ", а также устройств преобразования цифрового значения кода управления углами разворота пусковой установки в угол поворота сельсина-датчика.

Для выполнения вышеуказанных функций в состав рабочего места оператора пуска входят:

- пульт управления;
- электронно-лучевой индикатор;
- блок управления аппаратурой опознавания государственной принадлежности цели.

Пульт управления предназначен для:

- выбора режима захвата цели ГСН;
- управления режимом подготовки ракет на пусковых установках;
- индикации хода подготовки ракет на старте;
- производства пуска ракет;
- осуществление связи с ЦВМ "Пламя КВ".

В состав пульта управления входят органы управления, коммутации и элементы индикации.

Выбор одного из режимов захвата сигнала цели ГСН (до старта, поиск включен; до старта, поиск выключен; в полете) осуществляется переключателем "ЗАХВАТ ЦЕЛИ ГСН". При установке переключателя в положение ДО СТАРТА ПОИСК ВЫКЛЮЧЕН с пульта в кабину КЗВ выдается команда запрета поиска. При установке переключателя ЗАХВАТ ЦЕЛИ ГСН в положение В ПОЛЕТЕ выдаются в кабину КЗВ и ЦВМ "Пламя КВ" команда "Захват в полете", и команда выключения режима полной манипуляции на аппаратуру управления режимами излучения радиолокатора.

Управление режимом подготовки ракет на старте осуществляется переключателями ГОТОВИТЬ 3, НЕПРЕРЫВНО и СПЕЦ, в соответствии с положением которых в кабину КЗВ выдаются команды: "Готовить 3, Готовить Н, Готовить спец. При комплексной работе эти команды поступают на пульт управления из командного пункта КСМ и далее транслируются в кабину КЗВ. Индикация выдачи команд в обоих случаях производится на соответствующих табло.

Индикация состояния ракет на каждой из шести пусковых установок осуществляется с помощью шести групп световых табло. Для индикации на вход пульта по отдельным проводам для каждой пусковой установки из кабины КЗВ поступают сигналы "Пуск-отказ"; "Готова к пуску", "Зона запрета", "Установка", "Подготовка", "Готова-Ресурс", "Неисправна".

Индикация количества и типов установленных на шести пусковых установках ракет осуществляется с помощью шести групп световых табло: 5В21В, 5В28, 5В38М, СПЕЦ, в соответствии с поступающими из кабины КЗВ командами, которые используются в ЦВМ для расчета зон поражения. Формирование команды "Пуск" осуществляется одновременным нажатием кнопки ПУСК одной из шести пусковых установок и кнопки БЛ.ПУСКА, при отсутствии сигнала "Запрет пуска" от командного пункта и сигнала "Свой" от аппаратуры опознавания и при наличии сигналов "БР" и "Сопр.ГЩ". В случае присутствия сигнала "Свой" команда "Пуск" может быть выдана при установке тумблера БЛОКИРОВКА НРЗ в положение ВЫКЛЮЧЕНО.

Сигнал "Запрет пуска", поступающий из кабины КЭМ, индицируется на табло ЗАПР. ПУСКА. В случае отсутствия этой команды, по наличию сигнала "Ком. БЦВМ", он индицируется как сигнал "Запрет пуска" на том же табло.

Выбор режима работы ЦВМ производится переключателем, с которого выдаются сигналы "5В28", "Спец." или "5В28М".

Электронно-лучевой индикатор предназначен для определения момента пуска и контроля сигнала ответчика ракет. На экране индикатора отображаются ближняя граница зоны поражения БГ, дальняя граница зоны поражения ДГ, точка встречи ракеты с целью на момент пуска (ТВП), текущее значение точки встречи (ТВ), текущее значение дальности до цели. Расчет точек производится в ЦВМ "Пламя КВ", выдача на индикатор осуществляется цифровым двоичным кодом.

В режиме контроля сигнала ответчика ракет на экране индицируется 3 мксек видеоимпульс, поступающий с приемного устройства (КРО), расположенного в антенном посту. Синхронизация развертки осуществляется импульсом нулевой дальности.

Примерный вид изображения на экране индикатора представлен на рис. 3.9.

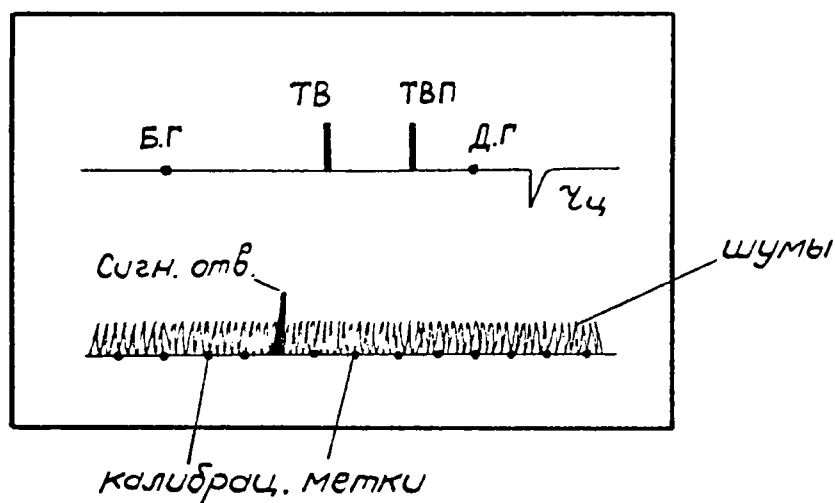


Рис. 3.9. Вид изображения на экране индикаторов пуска

На блоке, расположенном левее электронно-лучевого индикатора, расположены цифровые индикаторы высоты цели и отношения сигнал-шум. Цифровая информация на индикаторе поступает из ЦВМ по линиям обмена.

Блок, расположенный правее электронно-лучевой трубки, предназначен для управления аппаратурой контроля государственной принадлежности цели (1Л23-1). На лицевой панели блока расположены:

- кнопка ЗАПРОС;
- табло СВОЙ-ЧУЖОЙ;
- переключатель режимов контрольного опознавания;
- переключатель смены кодов общего опознавания;
- световая индикация готовности и исправности средств НРЗ.

Устройство управления осуществляет:

- обработку сигналов распознавания с целью оценки результатов запроса;
- автоматическое включение НРЗ в моменты перехода радиолокатора в режим сопровождения и перед пуском ракеты;
- формирование строба дальности для селекции при автоматическом сопровождении по дальности или при наличии данных ~~к~~ целеуказания;
- формирование импульса запуска НРЗ, определяющего по времени ноль дистанции радиолокатора;
- индикацию сигналов опознавания.

Устройство преобразования код-угол предназначено для преобразования цифрового двоичного кода поступающего от ЦВМ в напряжение управления приводами пусковых установок по азимуту и ^{гиростабилизации} ~~приведения~~ ^С по углу места. Функциональная схема устройства преобразования по одной координате приведена на рис. 3.10.

На вход устройства преобразования из ЦВМ через блок сопряжения уровней поступают сигналы управления по азимуту и углу места в виде 12-ти разрядного параллельного двоичного кода с ценой младшего разряда $\approx 5,25$ угловых минут. Значение кода может меняться по азимуту в пределах $0 \div 360^\circ$, по углу места от $-4^\circ \div 90^\circ$. Код поступает на статический регистр (RG) и далее на цифровой дискриминатор (ЦД). На второй вход цифрового дискриминатора поступает код обрат-

ной связи, вырабатываемый преобразователем угол-код. Преобразователь угол-код состоит из датчиков угол-код точного отсчета (Дат.ТО) и грубого отсчета (Дат.ГО) типа ДИ-5 и преобразователя кода обратной связи (ПКД).

В цифровом дискриминаторе происходит сравнение кодов и вырабатывается 9-ти разрядный код сигнала ошибки. Код сигнала ошибки преобразуется в преобразователе код-напряжение (ПКи) в напряжение переменного тока, увеличивается по мощности усилителем управления привода (УУП) и поступает на исполнительный двигатель (ИД) типа ДГ-ИГВ, который через редуктор (Р) разварачивает сельсины-датчики (СДто), (СДго) и (СДинд). Напряжение с сельсин-датчиков грубого и точного отсчета выдается в качестве напряжения управлением разворота пусковой установки по азимуту (разворотом антенны ГСН по углу места) в кабину подготовки старта КЗБ. Точность преобразования кода в угол поворота сельсина не хуже 10 угловых минут.

Рабочее место командира предназначено для:

- контроля за работой радиолокатора и формирования команды о готовности к работе;
- управления работой наземного радиозапросчика;
- отображения вспомогательной информации о типе цели и составе сопровождаемой группы целей;
- проведения тренировки операторов в автономном режиме;
- отображения цифровой информации о цели и контроля работы операторов;
- отображения в режиме тренировки траектории имитируемых целей.

Для выполнения вышеперечисленных функций на рабочем месте командира расположены:

- три электронно-лучевых индикатора, в том числе:
 - а) индикатора "картинная плоскость",
 - б) индикатора "ручная указка" и импульсного режима;

в) цифрового индикатора для отображения параметров реальных и имитируемых целей, а также положение следящих систем радиолокатора;

- световые табло, на которых отображаются состояние средств радиолокатора, режимы излучения и режимы работы;

- органы управления, предназначенные для сообщения на командный пункт сведений о процессе боевой работы;

- органы управления, используемые в режиме тренировки.

3.4. Цифровая вычислительная машина.

В качестве цифровой вычислительной машины в радиолокаторе подсвета цели системы С-200Д используется ЦВМ "Пламя КВ", предназначенная для решения следующих задач:

- перевода данных целеуказания из прямоугольной системы координат в сферическую и перевода координат цели, измеряемых радиолокатором в сферических координатах в прямоугольные;

- наведения луча радиолокатора подсвета цели по азимуту и углу места на цель по данным целеуказания;
- управления лучом радиолокатора в режиме "Поиска";
- обмена информацией с абонентами полкового комплекса;
- наведения следящих систем по дальности и скорости на цель по данным целеуказания;
- вычисления координат точки встречи ракеты с целью;
- вычисления координат границ зон поражения;
- расчета грубой дальности до цели в условиях генераторной шумовой помехи;
- наведения пусковых установок стрельбового канала и головки самонаведения на упрежденные углы захвата цели ГСН в полете ракеты;
- выработки исходных данных для аппаратуры стартовой позиции, а также потенциальных и импульсных команд;
- обеспечения стрельбы полкового комплекса по уходящей цели;
- обеспечения комплексной и автономной тренировки операторов, при прямолинейном движении имитируемой цели;

- обеспечения работы полкового комплекса в режиме функционального контроля;
- контроля линии связи по каналам обмена.

Для решения вышеперечисленных задач ЦВМ вырабатывает следующие потенциальные:

- Ком 1 ЦВМ — "отработка целеуказания"
- Ком 2 ЦВМ — "особая цель"
- Ком 3 ЦВМ — "наведение в дальнюю зону"
- Ком 5 ЦВМ — "запрет пуска"
- Ком 6 ЦВМ — "догон"
- Ком 7 ЦВМ — "контроль линии связи"
- Ком 8 ЦВМ — "снижение"
- Ком 9 ЦВМ — "выключение спада тяги"
- Ком 10 ЦВМ — "15 сек"

и импульсные команды:

- Ком 0 ЦВМ — "выдача информации"
- Ком 4 ЦВМ — "отказ от приема".

Исходными данными при решении задач являются:

- координаты целеуказания, поступающие на ЦВМ из командного пункта КЭМ, по данным системы внешнего целеуказания, или от другого (ведущего) радиолокатора, или от радиовысотомера;
- координаты цели, измеренные радиолокатором;
- специальные команды, обеспечивающие определенные режимы работы радиолокатора подсвета цели;
- сопровождение РЛЦ;
- захват в полете;
- автосопровождение по φ, Δ, V ;
- признак цели носителя активной помехи;
- работа ЦВМ по целеуказанию;
- признак информации, которую ЦВМ выдает на командный пункт:

$t_{B3/\dot{\gamma}}$ или P, V

- тип ракеты ;
- обнуление ;
- пуск ракеты ;
- местные датчики по дальности ;
- сброс пролонгации ;
- догон ;
- тренажер ;
- включение секторного поиска ;
- пуск секторного поиска ;
- остановка секторного поиска ;
- выключение секторного поиска ;
- включение отскока антенного привода вверх, вниз, влево, вправо ;
- выключение отскока привода ;
- 15 секунда.

В зависимости от поступающих на ЦВМ специальных команд и данных целеуказания ЦВМ работает в следующих режимах:

- контрольный тест ;
- ожидания ;
- внешнего целеуказания ;
- автоматического сопровождения цели ;
- тренажера ;
- регламентного контроля.

3.5. Аппаратура обмена информацией

Аппаратура обмена предназначена для обмена цифровой и командной информацией Д2, антенным постом Д1, кабиной подготовки старта КЗВ, командным пунктом К9М, аппаратурой внутривансионных измерений (ВСИ), а также между различными устройствами кабины Д2. Обмен информацией построен на синхронном централизованном принципе связи с использованием радиального типа соединений функциональных узлов. Структурная схема построения обмена приведена на рис. 3.11.

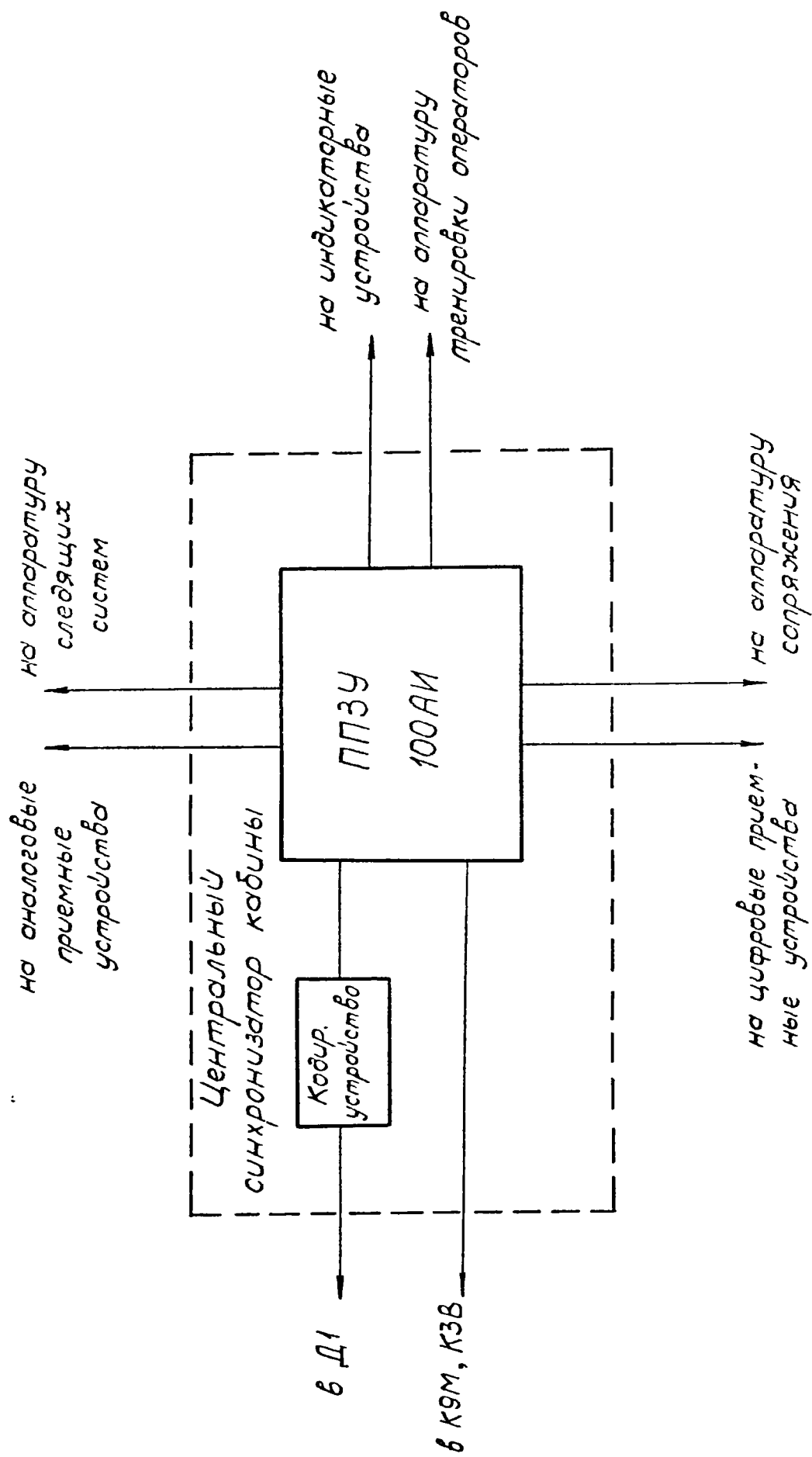


Рис. 3.11. Структурная схема обмена

Аппаратура обмена представляет собой совокупность унифицированных шин для передачи информации и устройств, управляющих прохождением информации и сигналов по этим шинам. Диспетчер аппаратуры обмена является синхронизирующим устройством, осуществляющим централизованный обмен между различными шкафами и состоит из формирователя адреса и устройств синхронизации. В каждом центральном блоке шкафа, являющимся абонентом диспетчера стоит контроллер, с помощью которого осуществляется распределение информации, поступившей на шкаф между абонентами шкафа. Центральный диспетчер состоит из:

- аппаратуры формирователя адреса, предназначенной для организации обмена внутри кабины и представляющей из себя программное устройство, осуществляющее выбор абонентов и коммутацию сообщений в соответствии с временной программой обмена;

- аппаратуры синхронизации, формирующей для каждого шкафа две опорные частоты f_{max} и f_{min} .

Обмен между шкафами осуществляется по следующим магистральным линиям:

- адресной магистрали, предназначенной для селективного обращения к шкафу;

- информационной магистрали;

- магистрали синхронизации, предназначенной для выдачи каждому шкафу опорных частот. Цикл внутри обмена информацией - 20 мсек, время передачи одного информационного слова - 200 мсек.

Обмен информацией между шкафами осуществляется при получении от центрального диспетчера соответствующего данному шкафу адреса. Прием и выдача осуществляется через установленный в центральном блоке каждого шкафа контроллер, который управляет последовательностью обмена внутри шкафа. Обмен осуществляется последовательным 25-разрядным кодом, младшими разрядами вперед, причем первые 24 разряда являются информационными, а 25 разряд является контрольным. В диспетчере и шкафных контроллерах осуществляется визуальный контроль и имитация принимаемой и выдаваемой информации в любом адресном интервале, контроль информации по $mod\ 2$ и индикация сбоев, а также тестовый контроль, позволяющий выявить неисправное устройство. С целью увеличения достоверности обмен информацией меж-

ду аппаратной кабиной и антенным постом радиолокатора осуществляется через специальное кодирующее устройство, входящее в состав центрального диспетчера, где производится кодирование импульсных информационных последовательностей ортогональными функциями Уолша. По линии обмена между аппаратной кабиной и антенным постом информация передается 25-ти разрядными словами, с периодом обмена 20 мсек и временем передачи одного слова 1 мсек.

Для организации обмена с командным пунктом КЭМ и кабиной подготовки старта КЗВ, не удовлетворяющим требованиям информационной и электрической совместимости с внутренним обменом аппаратной кабины, необходимо использование специальной аппаратуры преобразования. Аппаратура преобразования размещается в 2-х блоках, отдельных для кабины КЭМ и КЗВ, шкафа ДИЗЗ и осуществляет:

- преобразование уровней напряжения кодов и сигналов, вырабатываемые аппаратной кабиной в уровни необходимые для кабин КЭМ и КЗВ;
- преобразование уровней напряжений кодов и сигналов, выдаваемых кабинами КЗВ и КЭМ в уровни, необходимые для аппаратуры кабины ДЗ.

3.6. Аппаратура тренировки операторов

Аппаратура тренировки операторов предназначена для тренировки боевого расчета радиолокатора при работе в составе полкового комплекса или автономно, а также может быть использована для проведения регламентных работ и проверки функционирования отдельных устройств аппаратной кабины. Аппаратура тренировки операторов может имитировать сигналы ^{до} трех целей и радиолокационные помехи. Сигналы вырабатываются на промежуточной частоте, схожи по своей структуре зондирующему сигналу радиолокатора и содержат скоростные, дальностные, спектральные и угловые характеристики имитируемых целей. Аппаратура тренировки операторов состоит из: устройства управления режимом тренировки, устройства отображения информации о имитируемой

цели и действий тренируемых операторов, устройства формирования сигналов имитируемых целей и вычислительных средств.

При комплексной тренировке аппаратура тренировки вырабатывает радиолокационный сигнал, в соответствии с информацией о координатах имитируемой цели, поступающей от командного пункта. Координаты имитируемой цели в прямоугольной системе координат поступают на ЦВМ "Пламя КВ", где происходит их преобразование в полярные координаты, которые используются в устройстве формирования сигнала имитируемой цели. Специальное вычислительное устройство вычисляет код величины сигнала, зависящий от эффективной отражающей поверхности, дальности и углового положения имитируемой цели, а также осуществляет экстраполяцию координат в такте обмена.

При автономной тренировке устройство управления аппаратурой тренировки и устройство отображения информации функционируют совместно по принципу работы устройства типа дисплей или экранного пульта. Используя экранный пульт можно ввести в вычислительное устройство исходные данные тактической задачи для тренировки операторов, контролировать ввод данных и результаты вычислений. С пульта управления в вычислительное устройство могут вводиться:

- исходные данные траекторий;
- количество целей;
- типы целей;
- величина отражающей поверхности целей;
- включение фединга;
- включение уводящей помехи по скорости;
- включение шумовой помехи.

Устройство отображения информации состоит из электронно-лучевого индикатора, знакогенератора и графопостроителя. На электронно-лучевом индикаторе могут отображаться траекторные движения имитируемой цели, данные целеуказания и положения стробов следящих систем.

Устройство формирования сигналов имитируемых целей осуществляет формирование сигналов в соответствии с поступающими от вычислителя кодами скорости и дальности. В зависимости от типа выбранной

цели формируются спектры, имитирующие сигнал ~~турбофазированной~~ цели, ~~турбофазированной цели и вертикальной~~ а также осуществляется амплитудная модуляция сигнала в зависимости от типа цели, расстояния до цели и углового положения цели. Модуляция осуществляется с помощью электронно-цифровых аттенюаторов, управляемых кодами, рассчитанными в вычислительном устройстве. Помехи создаются в специальных устройствах и подмешива^{ся}ют к сигналу цели по командам с пульта управления. Сформированный таким образом сигнал выдается на вход приемного устройства аппаратной кабины только в том случае, если угловые координаты цели и антенны отличаются не более, чем на ширину диаграммы направленности приемо-передающей антенны.

В качестве вычислительных средств в аппаратуре тренировки операторов используется цифровая вычислительная машина "Пламя КЗ" и спецвычислитель ФИ281. В задачи спецвычислителя входит:

- формирование пеленгационной характеристики ;
- формирование закона управления электронно-цифровыми аттенюаторами в зависимости от ЭПР и дальности до цели.

В случае использования для задач тренировки аппаратуры "Аккорд-200" (5Г43) в ней необходимо произвести доработки, обеспечивающие:

- формирование сигнала цели на промежуточной частоте 42,075 МГц
- работу в режимах:
 - а) частотномодулированного сигнала с параметрами модуляции принятой в радиолокаторе ;
 - б) фазокодоманипулированного сигнала в режиме полной и половинной ФКМ (82,5 и 165) ;
 - г) импульсного сигнала ;
- выдачу сигналов имитируемой цели по шести каналам ($\Sigma_B, \epsilon_B, \beta_B, \Sigma_r, \epsilon_r, \beta_r$) для имитации приема в 2-х плоскостях поляризации ;
- раздельное управление амплитудно-фазовыми характеристиками сигналов в каждой из плоскостей поляризации .

В аппаратной кабине в этом случае должно быть установлено устройство сопряжения с аппаратурой "Аккорд", обеспечивающее:

- выдачу опорных напряжений и команд, необходимых для формирования имитируемых сигналов цели (помех) ;

- сигналов, имитирующих работу контрольных ответчиков ракет;
- сигналов, имитирующих работу аппаратуры опознавания государственной принадлежности;
- передачу цифровой информации от ЦВМ "Пламя КЗ";
- выдачу информации о типах ракет, установленных на пусковых установках, ходе предпусковой подготовки и пуске ракет;
- выдачу информации, необходимой для документирования процесса тренировки операторов боевых расчетов.

3.7. Конструкция аппаратной кабины Д2

Аппаратура кабины Д2 смонтирована в полуприцепе ОдАЗ-828
варианта "Г", заимствованном из системы С-200В.

Основные характеристики полуприцепа:

- полезная нагрузка - 5500 кгс;
- масса снаряженного полуприцепа - 5600 кгс;
- полная масса полуприцепа с аппаратурой - 11300 кгс;
- полезная площадь пола кузова - 20 м²;
- объем (внутренний) кузова - 40 м³.

Кузов полуприцепа оборудован двумя дверьми: одностворчатой с правой стороны по ходу и задней-двухстворчатой. Двери имеют двойное резиновое уплотнение и снабжены специальным запорным устройством рычажного типа. Полуприцеп оборудован четырьмя вентиляционными отсеками (два верхних и два нижних), предназначен^{ными} для снятия тепла с работающей аппаратуры. Вентиляция помещения кабины осуществляется при помощи 4-х осевых вентиляторов, расположенных на потолке в средней части кабины. Для освещения внутренней части кузова в дневное время предусмотрены окна, расположенные в крыше, а в ночное время - плафоны, расположенные на потолке. Для обеспечения светомаскировки каждое окно закрывается шторкой. Кузов оборудован аварийным маскировочным освещением.

Для обеспечения заданного температурного режима аппаратуры предусмотрена встроенная вентиляционная система с подкатными воздухоохладителями ВО-ЗІ7М (по одному на каждый борт).

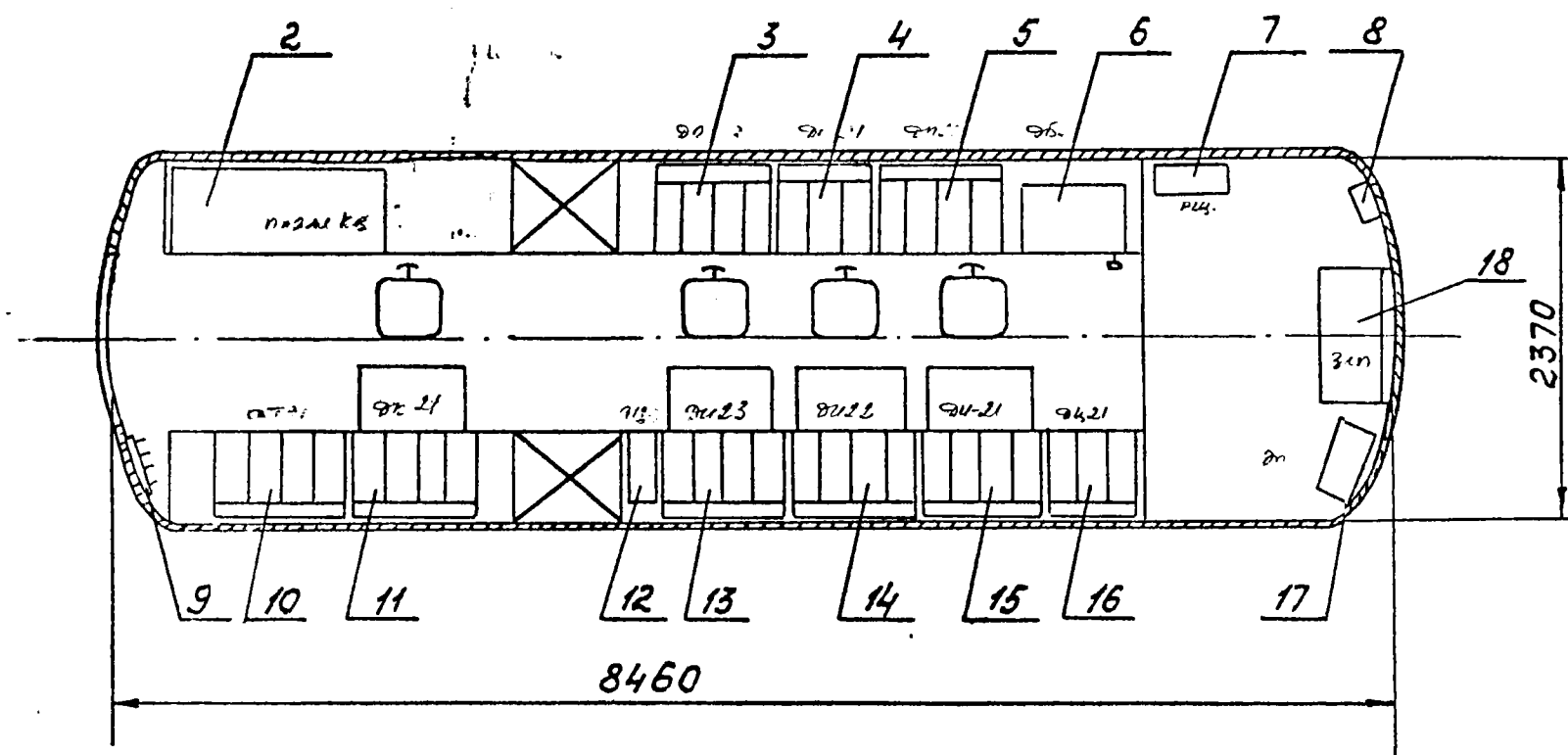
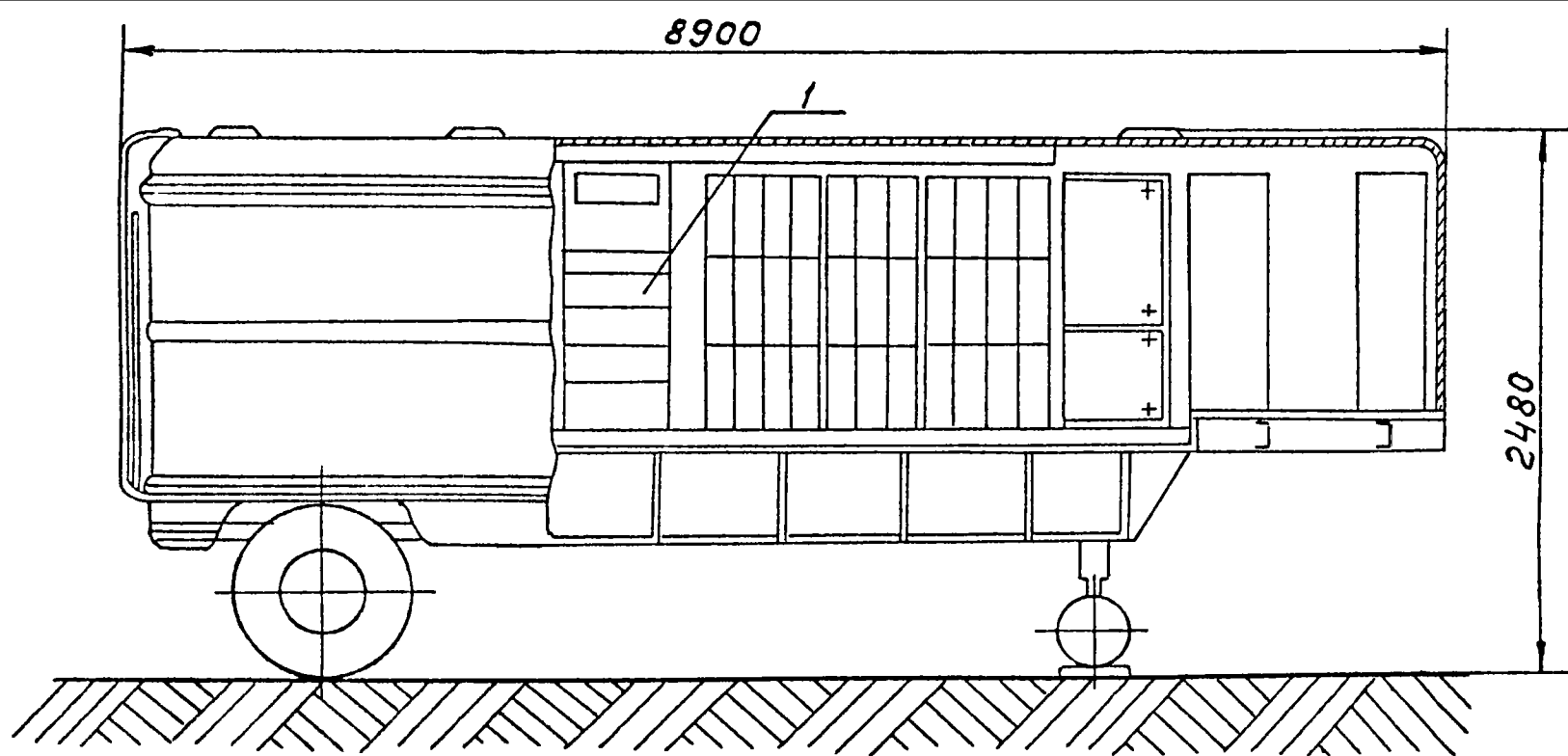
Защита внутреннего помещения кабины в зараженной среде осуществляется с помощью фильтровентиляционной установки (ФВУ-3И7М), которая размещена под кабиной. В этом случае система охлаждения аппаратуры должна работать в режиме рециркуляции.

Конструкция аппаратуры разработана с использованием блочного принципа конструирования. При этом основными конструктивными элементами являются:

- типовая ячейка, представляющая собой печатную плату с размещенными на ней микросхемами, навесными элементами и соединительными разъемами;
- типовой блок конструктивно объединяет все функциональные ячейки. Кроме функциональных ячеек в блоке установлены ячейки вторичного электропитания данного блока и объединительная плата;
- типовой аппаратный шкаф устанавливается в кабине. Аппаратные шкафы состоят из типового набора элементов, что позволяет сохранить единые габаритные размеры.

В шкафу предусмотрены входные и выходные вентиляционные окна, а также съемный короб, предназначенный для размещения лент-кабелей и в/ч кабелей.

Размещение аппаратуры в полуприцепе 828Г показано на рис.3.12.



- 1 - отсеки вентиляции,
- 2 - ЦВМ "Пламя - КВ" - цифровая вычислительная машина,
- 3 - ДП23 - цифровое приемное устройство обнаружения,
- 4 - ДП21 - приемное устройство сопровождения и устройство формирования гетеродинных напряжений,
- 5 - ДП22 - приемное устройство обзора (аналоговое),
- 6 - ДБ21 - шкаф распределения первичного питания,
- 7 - РЩК - распределительный щит кабины,
- 8 - стойка для оружия,
- 9 - вешалка,
- 10 - ДТ21 - аппаратура тренировки операторов,
- 11 - ДК21 - рабочее место командира,
- 12 - 912-3 - шифро-дешифрирующее устройство,
- 13 - ДИ23 - рабочее место оператора пуска,
- 14 - ДИ22 - рабочее место оператора захвата,
- 15 - ДИ21 - рабочее место оператора наведения,
- 16 - ДЦ21 - следящие системы по дальности, скорости,
- 17 - электропечь,
- 18 - шкаф ЗИП.

Рис. 3.12 Размещение аппаратуры Д2 в полуприцеле 828Г

4. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ РПЦ

Потребляемая мощность радиолокатора подсвета цели составляет:

| Наименование потребителей | Потребляемая мощность (квт) | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | Боевой режим | | | Дежурный режим | |
| | 3х380в+8% 50 Гц | 3х380в+2% 50 Гц | 3х220в+2% 400 Гц | 3х380в+8% 50 Гц | 3х220в+2% 400 Гц |
| Антенный пост Д1 | 75 | 15 | 2 | 5÷0,5 | 2 |
| Аппаратная кабина Д2 | 28 | — | 20 | 8 | — |

Электропитание радиолокатора подсвета цели 76И6 может быть обеспечено следующими вариантами построения средств автономного электроснабжения (САЭС).

Вариант 1. В качестве САЭС применяются вновь разработанные средства в составе:

- дизельэлектростанции 5И57А;
- распределительно-преобразующего устройства 6ЗТ6А;
- стабилизирующего устройства 49Ц6.

В этом варианте обеспечивается дистанционное управление САЭС из аппаратной кабины Д2.

Вариант 2. В качестве САЭС используются серийные средства ранее разработанные для системы С-200ВМ:

- дизельэлектростанция 5Е97,
- стабилизирующее устройство 5К59М, доработанное в части выходного напряжения с 220в на 380в.

Учитывая целесообразность унификации САЭС РПЦ с САЭС стартовой позиции, а также обеспечение электропитанием командного пункта К9М от САЭС РПЦ в полковом комплексе 5Е53Д, рекомендуется второй вариант САЭС РПЦ.

В дальнейшем при разработке системы С-400 для электроснабжения РПЦ должны применяться унифицированные на новой элементной базе САЭС, принятые для системы С-400.

5. ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ БОЕВОГО РАСЧЕТА

Радиолокационная станция 76Ж6 является сложным радиотехническим устройством, состоящим из большого количества различных по функциональному назначению устройств, и ее успешная эксплуатация может производиться только группой специалистов различного профиля.

Для оценки количества технического персонала, необходимого для обслуживания радиолокатора, его состав можно разделить на следующие функциональные устройства:

- антенны и фидерные устройства;
- передающие устройства;
- приемные устройства и следящие системы;
- силовой привод;
- индикаторные устройства;
- цифровые устройства;
- электропитание.

Исходя из вышеизложенного, дежурная смена технического обслуживания должна состоять из:

- | | |
|--|-----|
| - инженера по высокочастотной технике | - 1 |
| - инженера по приемным устройствам и следящим системам | - 1 |
| - техника по высокочастотной технике | - 1 |
| - техника по цифровой технике | - 1 |
| - техника по силовым приводам | - 1 |
| - техника по индикаторным устройствам | - 1 |
| - электромеханика-дизелиста | - 2 |

| | |
|--------|----------|
| Итого: | - 8 |
| | человек. |

Для выполнения боевых задач в составе боевого расчета должны быть:

- командир радиолокатора, который осуществляет контроль за работой операторов, принимает решение о готовности радиолокатора к боевой работе, оценивает воздушную обстановку и принимает решение о сопровождении той или иной цели, осуществляет связи с коман-

дним пунктом. Кроме того, при тренировках боевого расчета командир с помощью аппаратуры встроенного тренажера осуществляет постановку боевой задачи для операторов наведения, захвата и пуска;

- оператор наведения, в обязанности которого входит включение станции, контроль за правильностью функционирования систем станции, поиск цели по данным целеуказания, анализ группы помехоносителей, преимущественный подсвет одной из целей группы;

- оператор захвата, осуществляющий захват цели на автосопровождение, определение дальности до цели, выбор режима излучения, контроль государственной принадлежности цели, находящейся на автосопровождении;

- оператор пуска, осуществляющий связь по ГТС с командным пунктом полкового комплекса и со стартовой позицией, подает команды на подготовку необходимого количества и типа ракет, контролирует готовность ракет к пуску, принимает решение и производит пуск ракет.

6. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Расчет показателей надежности средств РПЦ 76Ж6 проводился по структурным схемам расчета надежности, представленным на рис. 6.1. с использованием аналогов. За интенсивность отказов аналогов приняты среднестатистические данные, полученные в результате эксплуатации соответствующей аппаратуры системы С-200В (С-200) за 1967-1973гг и расчетные данные, представленные отраслевыми подразделениями по соответствующей аппаратуре системы С-300П. В качестве основных показателей надежности приняты коэффициент готовности и вероятность безотказной работы.

В соответствии с ГОСТ 13377-75:

— коэффициент готовности K_g есть вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается;

— вероятность безотказной работы $P_o(t)$ есть вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет.

Значение коэффициента готовности рассчитывалось для времени восстановления $T_v = 1$ час, при расчете вероятности безотказной работы время боевой работы принято равным 0,2 часа. Состав, функциональное назначение и значение интенсивности отказов аппаратуры Д1 и Д2 приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

| Шифр и функциональное назначение элемента структурной схемы | Интенсивность отказов (1/час) | Примечание |
|---|-------------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Антенный пост Д1 | | |
| АВС — антенно-волноводная система | 0,0001 | |
| АСП — азимутально-силовой привод | 0,0002x2 | |
| УСП — угломестный силовой привод | 0,00024 | |

ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «АЛМАЗ»

— 78 —

| 1 | 2 | 3 |
|--|------------|---|
| Датчики угла (азимутальный и угло-местный) | 0,000064x2 | |
| ДГ11 - возбудитель с системой охлаждения | 0,002905 | |
| ДГ12 - усилитель мощности с системой охлаждения | 0.002182 | |
| ДГ13 - индукционный регулятор высокого напряжения | 0,000247 | |
| ДГ14 - высоковольтный выпрямитель | | |
| ДП11 - входное приемное устройство | 0,001380 | |
| ДУ11 - преобразователь угловых координат, модулятор, аппаратура обмена | 0,002200 | |
| ДЕ11 - токосъемник | 0,000313 | |
| ДБ11 - распределитель первичного питания | 0,001240 | |
| ДБ12 - стабилизированный выпрямитель и устройство управления приводами | | |
| ВК11, ВК12, ВК13 - входные коробки | 0,000129 | |
| НРЗ 1Л23-1 | 0,005 | |
| Аппаратная кабина Д2 | | |
| ДП22 - приемное устройство обзора | 0,002454 | |
| ДП21 - приемное устройство сопровождения | 0,003100 | |
| ДЦ21 - следящие устройства по Д, и Д, V и У | 0,005339 | |
| ДИ21 - рабочее место оператора наведения | 0,003005 | |
| ДИ22 - рабочее место оператора сопровождения | 0,004275 | |
| ДИ23 - рабочее место оператора пуска | 0,004275 | |

ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «АЛМАЗ»

— 79 —

| 1 | 2 | 3 |
|--|-----------------------------------|---|
| ДК21 - имитационные устройства (рабочее место командира) | 0,004247 | |
| ДТ21 - имитационные устройства (аппаратура) тренировки операторов) | 0,005270 | |
| ЦВМ - "Пламя-КВ" | $T_0 = 200ч$ $\lambda = 0,005$ | |
| ДБ21 и РШК - шкаф распределения первичного питания и распределительный щит кабины | 0,000832 $\lambda = 0,002$ | |
| КБ2101В - блок включения вентиляторов и воздухоохладителей | $T_0 = 500ч$ | |
| 912-3 - шифро-дешифрующее устройство (ШДУ) | 0,0025 | |
| ВК21, ВК22, ВК23 - входные коробки | 0,000096 | |

Показатели надежности РПЦ определяются через показатели надежности отдельных устройств кабин АП и АК по соотношениям:

$$K_{г рпц} = \prod_{i=1}^N \cdot K_{г i} ,$$

$$P_{о рпц}(t) = \prod_{i=1}^N \cdot P_{о i}(t),$$

$$K_{г i} = \frac{T_{о i}}{T_{о i} + T_B} = \frac{1}{1 + \lambda_i T_B} ,$$

$$P_{о i}(t) = e^{-\lambda_i t \delta_p} .$$

λ_i — значение интенсивности отказов i -го элемента структурной схемы;

T_b — время, затраченное на обнаружение, поиск причины отказа и устранение последствий отказа,

$T_b = 1$ час.

$t_{\delta p}$ — цикл боевой работы; $t_{\delta p} = 0,2$ часа;

N — число элементов структурной схемы.

$$K_{Г \text{ РПЦ}} = K_{Г \text{ АП}} K_{Г \text{ АК}} = 0,984 \cdot 0,962 = 0,95$$

$$P_{0 \text{ РПЦ}}(t) = P_{0 \text{ АП}}(t) P_{0 \text{ АК}}(t) = 0,99 \cdot 0,99 = 0,98$$

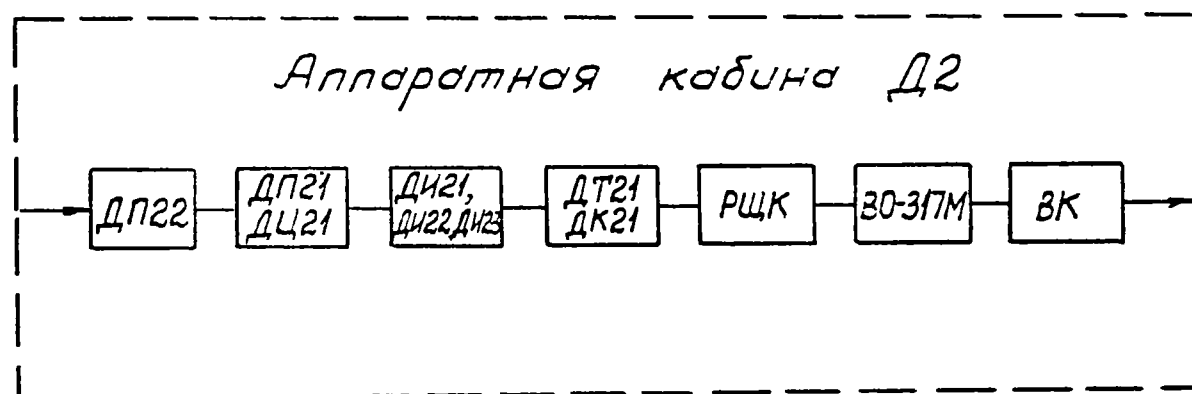
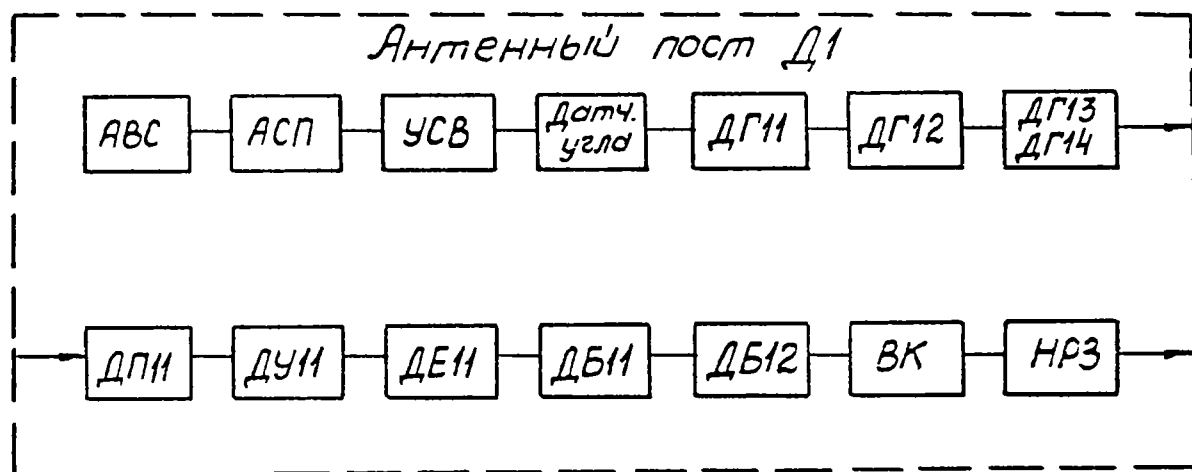


Рис. 6.1. Структурная схема расчета показателей надежности

7. ОЦЕНКА СТОИМОСТИ СЕРИЙНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Стоимость аппаратуры радиолокатора подсвета цели для 3-го года серийного изготовления определена по аналогам серийно изготавливаемой аппаратуры систем С-200В и С-300П. При этом учитывались соответствующие изменения в составе проектируемой аппаратуры и особенности конструктивно-элементной базы аппаратуры системы С-200Д.

Стоимость серийного изготовления антенного поста Д1 складывается из стоимости материалов и покупных комплектующих изделий, собственных затрат предприятия-изготовителя (ГМЗ). Стоимость комплектующих изделий антенного поста Д1 определена по аналогам аппаратуры системы С-200В и С-300П. Данные по стоимости комплектующих изделий представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

| Наименование устройства | Шифр | Стоимость (тыс.руб.) |
|---|--|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Передающее устройство | ДГ11 ДГ12 ДГ13 ДГ14 ДГ17 ДГ18 | 120,0 |
| Антенно-волноводная система | ДА110 | 145,0 |
| Токосъемник | ДЕ11 | |
| Преобразователь угловых координат, модулятор, аппаратура обмена | ДУ11 | 25,0 |
| Приемное устройство сопровождения | ДП11 | 20,0 |
| Распределитель питания | ДБ11 | } 5,0 |
| Стабилизированный выпрямитель и устройство управления приводом | ДБ12 | |

ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «АЛМАЗ»

— 82 —

| 1 | 2 | 3 |
|--|-----------------|-------|
| Наземный радиозапросчик | ВМ 1Л23-1 | 60,0 |
| Привода с редукторами и др. | ДР163 ДР12 | 20,0 |
| Повозка со вспомогательным оборудованием | БР227 (ДА10) | 10,0 |
| Итого: | | 405,0 |

Собственные затраты предприятия-изготовителя (ГМЗ) составят примерно:

40,0 тыс.руб., в том числе:

- основная зарплата производственных рабочих - 8,0 тыс.руб.
- накладные расходы - 32,0 тыс.руб.

Материалы и собственная комплектация составит 5,0 тыс.руб., в том числе:

- материалы - 2,0 тыс.руб.
- собственная комплектация - 3,0 тыс.руб.

Общая стоимость антенного поста Д1 на 3-й год серийного производства составит (в тыс.руб.):

- материалы и собственная комплектация - 5,0
- покупные комплектующие изделия - 405,0
- зарплата производственных рабочих - 8,0
- накладные расходы - 32,0

Итого себестоимость с учетом затрат на изготовление - 450,0

Оптовая цена - 500,0 тыс.руб.

Стоимость и трудоемкость серийного изготовления аппаратуры аппаратной кабины Д2 определена на основе фактических данных по стоимости аналогичной аппаратуры контейнера Ф2 системы С-300П и аппаратуры системы С-200ВМ, а также данных по трудоемкости изготовления блоков и шкафов для опытного образца Д2.

ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «АЛМАЗ»

— 83 —

Данные по себестоимости аппаратуры кабины Д2 приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2

| Наименование устройства | Шифр | Себестоимость (тыс.руб.) |
|--|-----------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Приемные устройства | | 132,0 |
| в том числе: | | |
| — сопровождения | ДП21 | 51,0 |
| — обзора | ДП22 | 81,0 |
| Аппаратура управления и индикации | | 195,0 |
| в том числе: | | |
| — рабочее место командира | ДК21 | 50,0 |
| — рабочее место оператора пуска | ДИ23 | 50,0 |
| — рабочее место оператора наведения | ДИ21 | 45,0 |
| — рабочее место оператора захвата | ДИ22 | 50,0 |
| Аппаратура тренировки операторов | ДТ21 | 48,0 |
| Система сопровождения цели | ДИ21 | 40,0 |
| Распределитель первичного питания и распределительный щит кабины | ДБ21, РЩК | 10,0 |
| Покупные комплектующие изделия по кооперации (цена), | | |
| в том числе: | | |
| — ЦВМ | Пламя-КВ | 48,5 |
| — полуприцеп (оборуд.) | "828Г" | 7,5 |
| — воздухоохладитель | ВО-317Мх2 | 12,7 |
| — ШДУ | 912-3 | 10,3 |
| Затраты на сборку Д2 (с материалами) | | 109,5 |

Таким образом, себестоимость серийного изготовления аппаратной кабины Д2 составит: 613,5 тыс.руб.

Оптовая цена аппаратной каины Д2

(при $P = 14\%$)

- 700,0 тыс.руб.

Стоимость серийного изготовления средств электроснабжения радиолокатора подсвета цели оценивается в размере 140,0 тыс.руб.

Таким образом, стоимость радиолокатора подсвета цели для 3-го года серийного производства составит:

- антенного поста Д1 - 500,0 тыс.руб.
- аппаратной кабины Д2 - 700,0 тыс.руб.
- средств электроснабжения - 140,0 тыс.руб.

Итого: - 1240,0 тыс.руб.