

**СИСТЕМЫ  
НЕПОСРЕДСТВЕННОГО  
СПУТНИКОВОГО  
ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

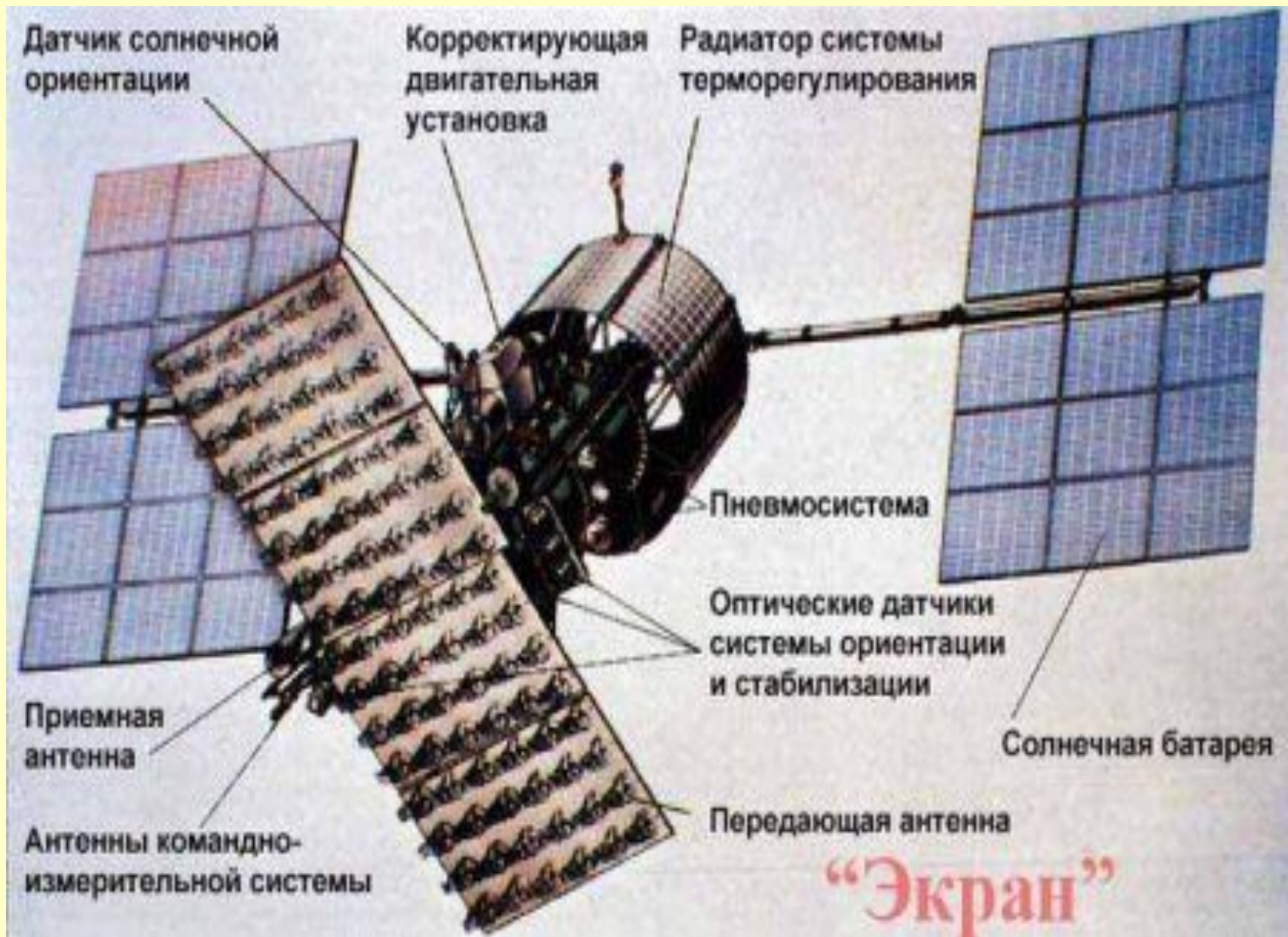
## Принципы построения и характеристики систем СТВ

НСТ это радиовещательная спутниковая служба, в которой сигналы космических станций предназначены для непосредственного приема населением.

Для непосредственного приема населением телевизионных программ, транслируемых через ИСЗ, необходимо, чтобы излучаемый спутниковым ретранслятором сигнал полностью соответствовал параметрам сигнала, на который рассчитаны бытовые телевизионные приемники (диапазон волн, способ модуляции сигналов изображения и звука, структура гасящих и синхронизирующих импульсов и др.).

Понятие непосредственного приема телевидения в настоящее время принято условно, а бытовой телевизор помимо установки специальной антенны должен быть оснащен дополнительным приемным и преобразующим устройством принятого сигнала.

Исходя из такого, принятого в настоящее время, понятия НСТ к нему можно отнести системы "Экран-М" и "Москва".



КОНТЕЙНЕР С ПРИБОРАМИ

ДВИГАТЕЛЬНАЯ  
УСТАНОВКА

ПНЕВМОСИСТЕМА

ПЕРЕДАЮЩАЯ  
АНТЕННА

РАДИАТОР СИСТЕМЫ  
ТЕМПЕРЕГУЛИРОВАНИЯ

**“Горизонт”**

ПЕРЕДАЮЩАЯ  
АНТЕННА  
“МОСКВА”

ПРИЕМНАЯ  
АНТЕННА

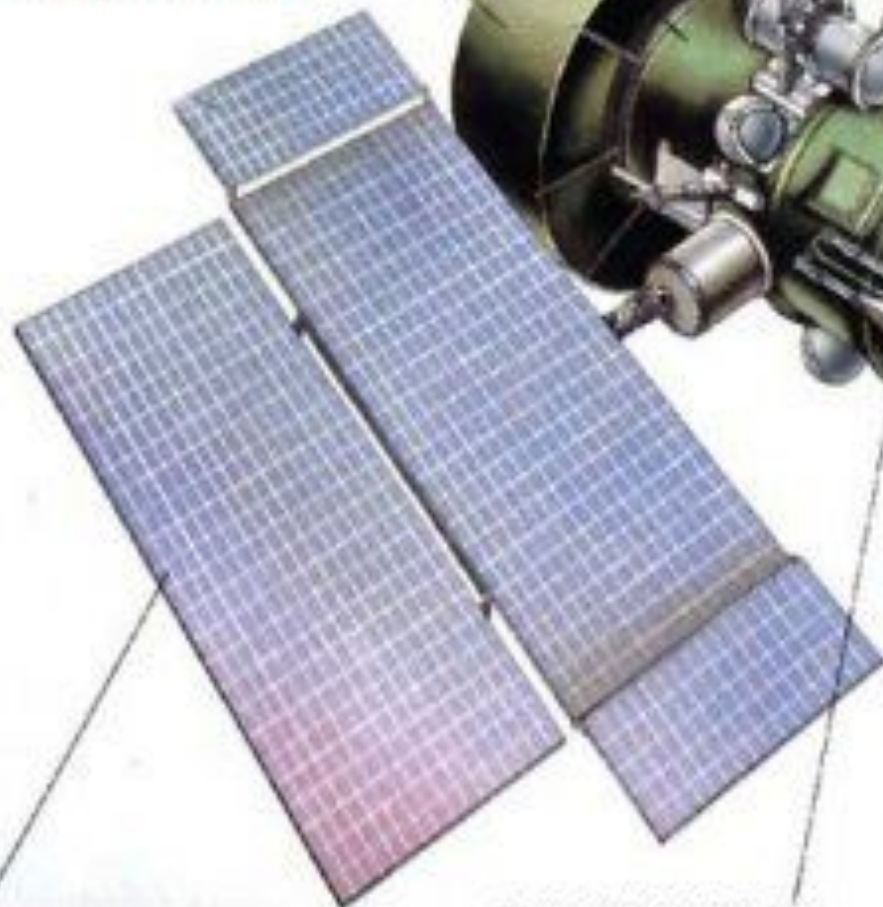
ДАТЧИК  
ПЛАНЕТНОЙ  
ОРИЕНТАЦИИ

ДАТЧИК  
СОЛНЕЧНОЙ  
ОРИЕНТАЦИИ

СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ

ПЕРЕДАЮЩАЯ АНТЕННА

ПОСТРОИТЕЛЬ  
МЕСТНОЙ  
ВЕРТИКАЛИ



Однако система "Экран-М" является однопрограммной и в дециметровом диапазоне уже нет свободных каналов, которые широко используются в мире для наземного телевизионного вещания. Увеличение числа транслируемых программ системой "Москва" также невозможно, так как весь частотный диапазон 3, 6... 4, 2 ГГц, в котором работают спутники "Горизонт", занят спутниковыми системами телевидения и служебной связи других государств.

По этим причинам для НСТ выбран диапазон частот 10, 7... 12, 75 ГГц со средней длиной волны 2, 5 см. Ширина этого диапазона составляет 2050 МГц и в нем может свободно разместиться очень большое число телевизионных каналов. Преимущество этого диапазона также состоит в том, что благодаря достаточно малой длине волны приемные земные антенны при сравнительно малых габаритах обладают большим коэффициентом усиления.

В настоящее время разными странами мира уже используется очень большое число геостационарных спутников с телевизионными ретрансляторами этого диапазона, которые предназначены для НСТ.

Наиболее известны: ИСЗ "Астра", расположенный под 19 в.д. и "Hot Bird" (Жар-Птица) - 13 в.д. Сигнал излучается с линейной поляризацией - горизонтальной или вертикальной для развязки между соседними каналами.

На сегодняшний день компания НТВ-Плюс предлагает потребителям более 60 платных ТВ каналов (в базовом пакете) для непосредственного индивидуального приема со спутника EUTELSAT W4 в орбитальной позиции 36° в.д. на всей европейской и значительной территории азиатской части России.

Например, со спутника Hot Bird (13° в.д.) в Московском регионе принимается более 100 открытых каналов на «тарелку» размером 0,9 м.

Применение **цифровых технологий** в отличие от аналоговых методов позволяет передавать ТВ сигнал практически без потери качества.

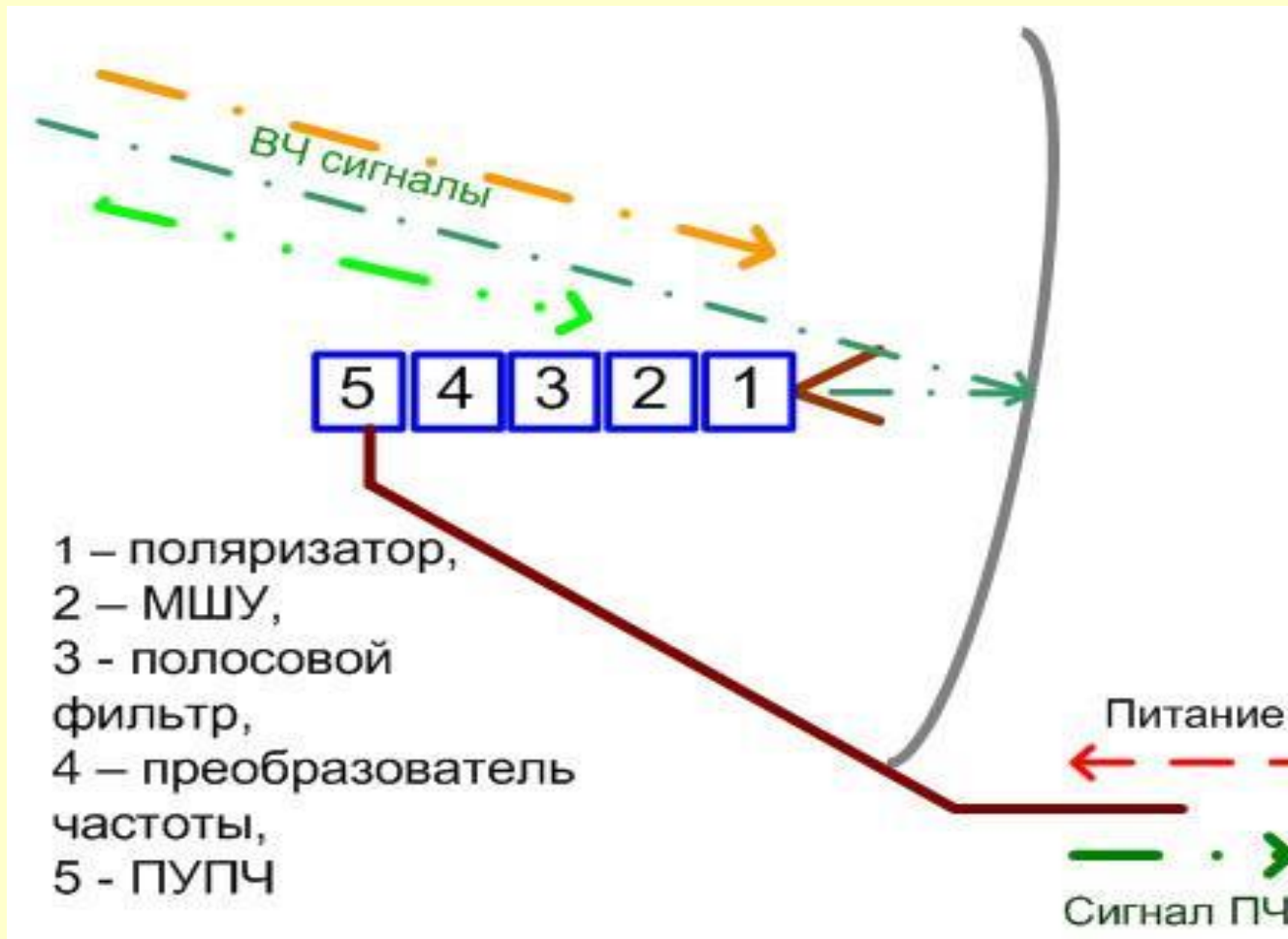
Однако при записи сигнала на видеомаягнитофон, даже самого высшего класса, происходит **ухудшение качества сигнала** по сравнению с исходным.

Учитывая этот факт, ряд фирм предлагают любителям высококачественного телевидения спутниковые ресиверы с возможностью **записи на встроенный жесткий диск** и последующего просмотра без потери качества изображения.

Например, ресивер Topfield TF-5010 PVR Masterpiece обеспечивает запись двух каналов на встроенный жесткий диск при одновременном просмотре третьего.

Типовая установка для непосредственного приема телевидения в диапазоне 11... 12 ГГц содержит параболическую антенну диаметром от 0,6 до 1,8 м, облучатель, антенную головку и внутренний блок (тюнер). Облучатель обычно совмещен с поляризатором, позволяющим выбрать необходимую поляризацию сигнала, и антенной головкой (модуль СВЧ), которую обычно называют конвертером.

Для переключения поляризатора с горизонтальной поляризации на вертикальную на него подается постоянное напряжение: либо 13, либо 18 В.





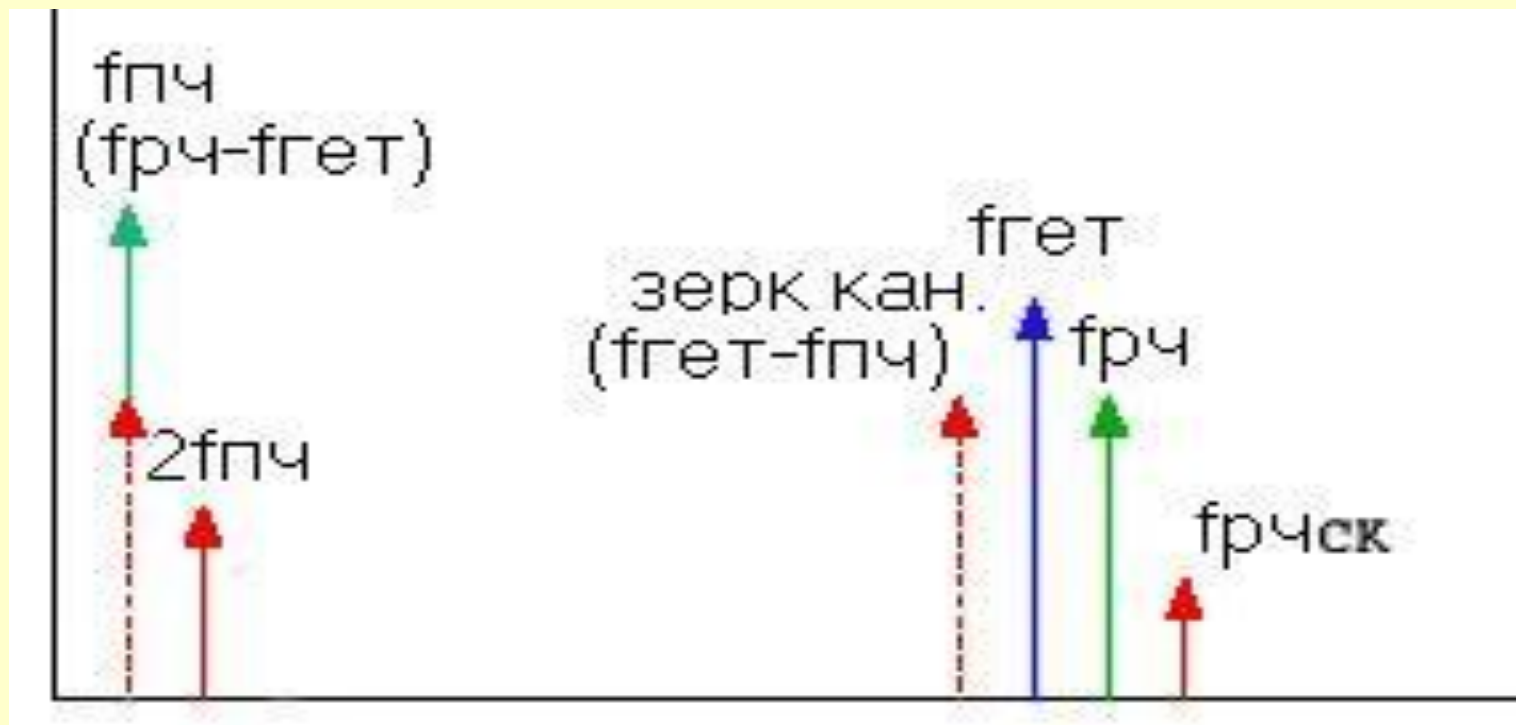
Конвертер состоит из малошумящего широкополосного усилителя (МШУ), полосового фильтра для защиты от помех по зеркальному каналу и гетеродина со смесителем для преобразования частотного спектра сигнала на более низкую промежуточную частоту, а также предварительного усилителя промежуточной частоты (ПУПЧ).

Для перекрытия всего высокочастотного диапазона он разбит на два поддиапазона 10, 7... 11, 8 и 11, 7... 12, 75 ГГц, а гетеродин содержит электронный переключатель поддиапазонов, управление которым производится подачей на конвертер специального сигнала частотой 22 кГц.

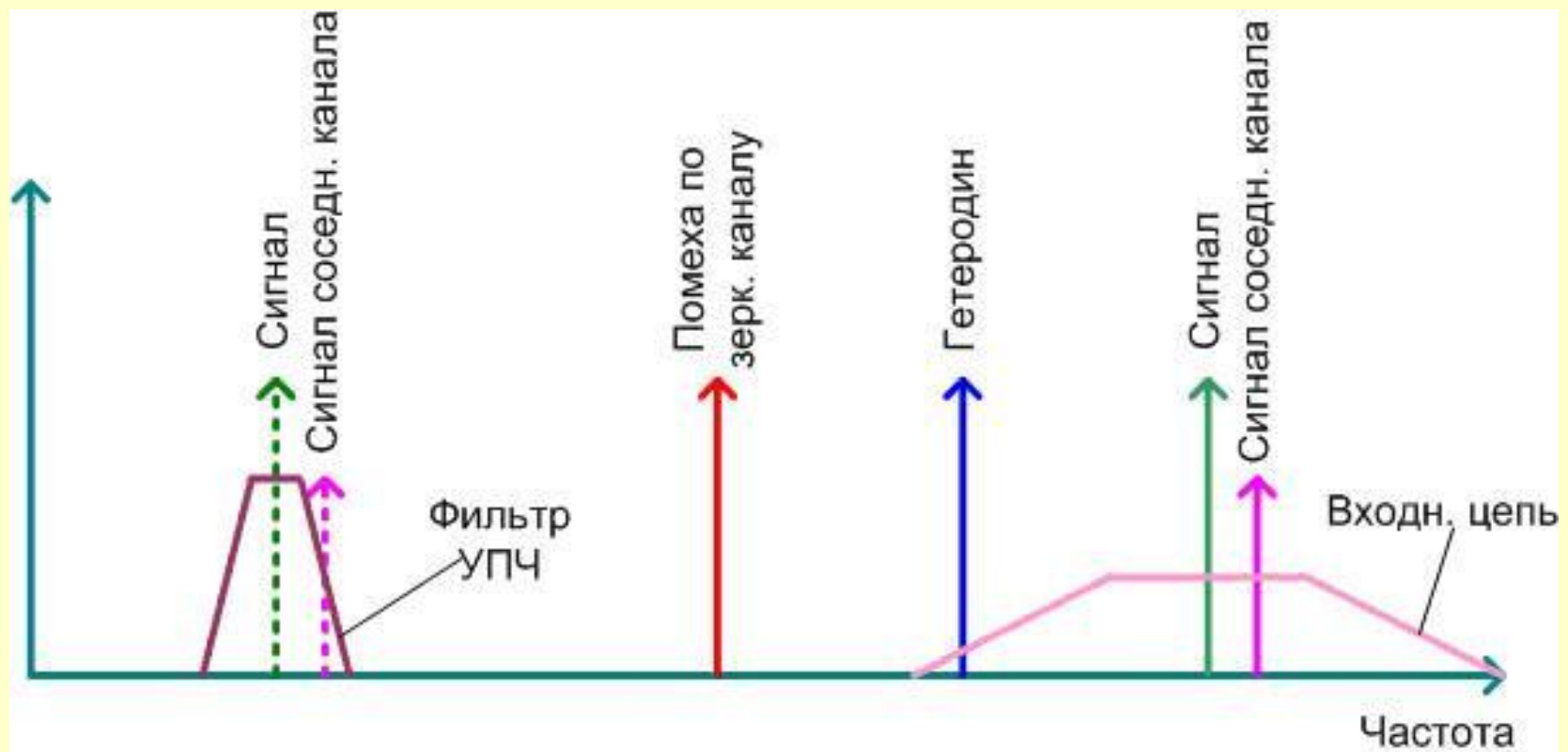
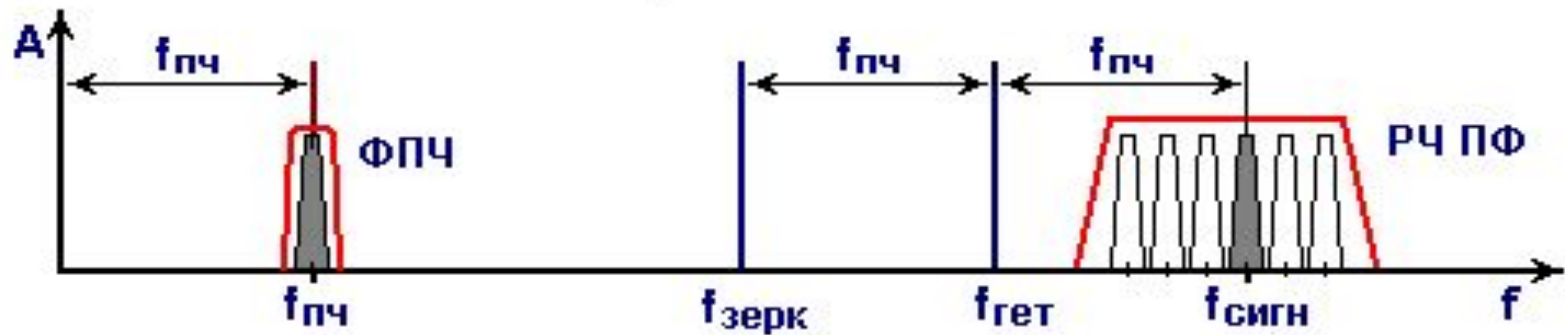
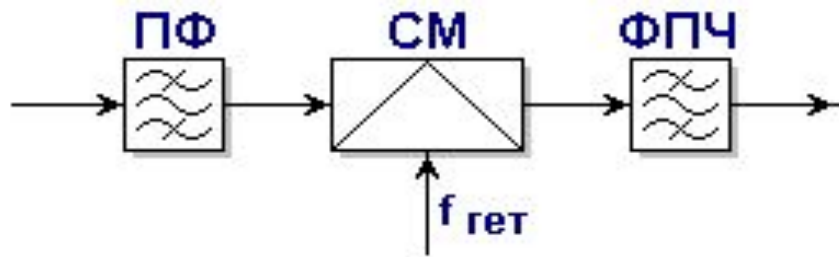


## Проблема выбора значения ПЧ

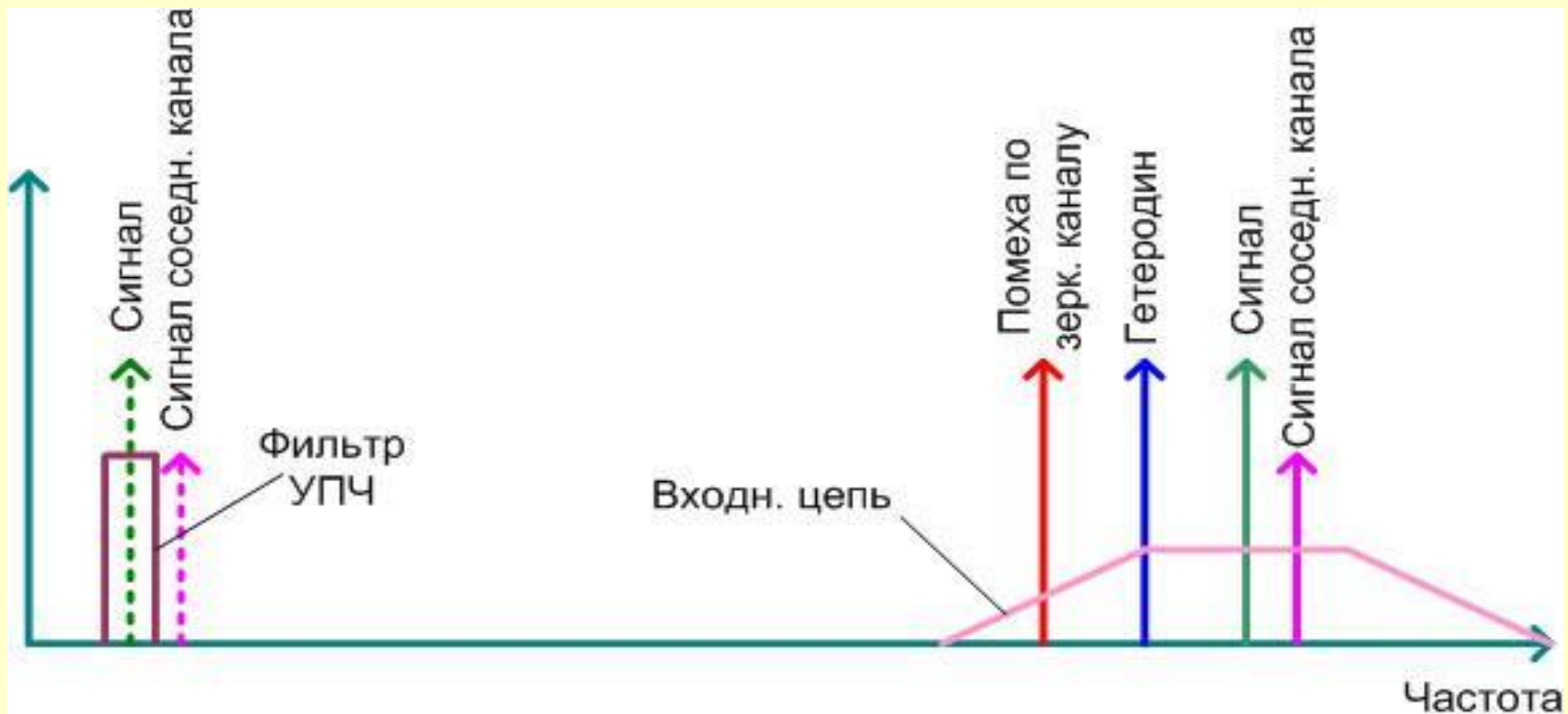
Подавление сигнала по зеркальному каналу необходимо производить стоящим перед первым смесителем (в преселекторе) полосовым фильтром.



Выбор высокого значения промежуточной частоты  $f_{пч}$  облегчает подавление зеркального канала, что иллюстрирует рис.

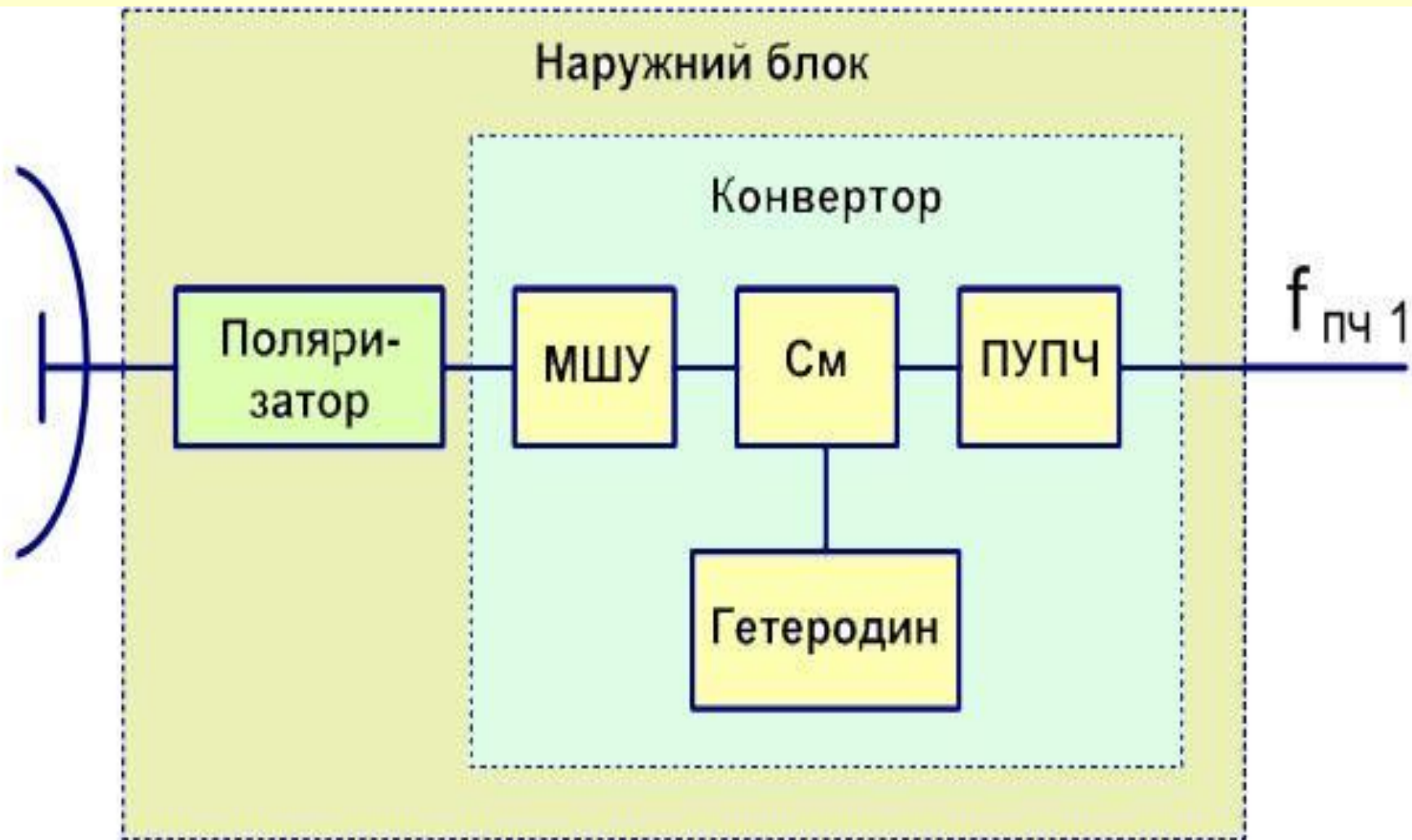


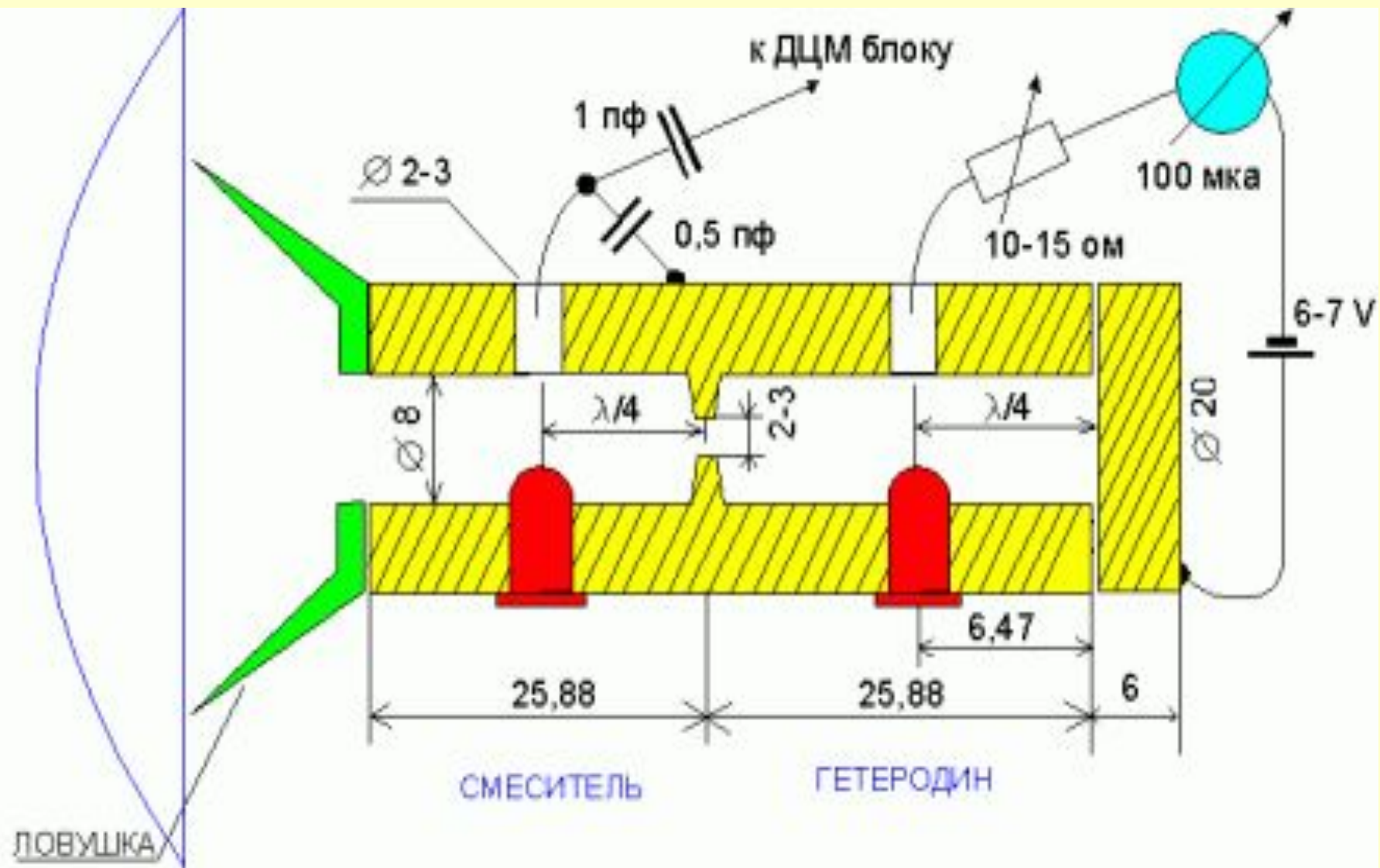
Однако при выборе низких значений промежуточной частоты обеспечивается более устойчивая работа каскадов ПЧ и высокая избирательность по соседнему каналу.



С учетом этого противоречия и происходит выбор значений промежуточных частот в супергетеродинных приемниках.

Структурная схема наружного блока имеет вид:





Типичная антенна имеет диаметр около 0,9 м, усиление около 38,5 дБ на частоте 12 ГГц и ширину ДН по уровню 0.5 около 2°.

Выбирают сигнал с **одной поляризацией**, второй сигнал с ортогональной поляризацией подавляют в поляризаторе. Поэтому поляризатор размещен между поляризационно-изотропным облучателем и входом конвертора (входным волноводом).

Переключение вида линейной поляризации осуществляется механическим или магнитным поляризатором дистанционно с помощью управляющих сигналов, вырабатываемых во внутреннем блоке.

Общепринятой для приемных установок спутникового телевидения в диапазоне частот 11...12 ГГц является схема с двойным преобразованием частоты.

Сигнал от ИСЗ, принятый антенной системой (мощность около 3 пВт с телекоммуникационных спутников и около 150 пВт с вещательных спутников), проходит через блок выбора вида поляризации и поступает на вход конвертора. Этот блок устанавливается непосредственно на антенну. Это делается с целью минимизации потерь во входном волноводном тракте и соответствующего снижения входной шумовой температуры приемной системы.

В состав конвертора входят малошумящий усилитель МШУ, фильтр, преобразователь частоты, смеситель с гетеродином, стабилизированным диэлектрическим резонатором, ПУПЧ.

**Коэффициент шума**  $F$  усилителя характеризует добавку в соотношение сигнал/шум, которую дает усилитель. Удобно пользоваться понятием "**шумовая температура**", которая измеряется в градусах Кельвина и связана с коэффициентом шума в относительных единицах соотношением

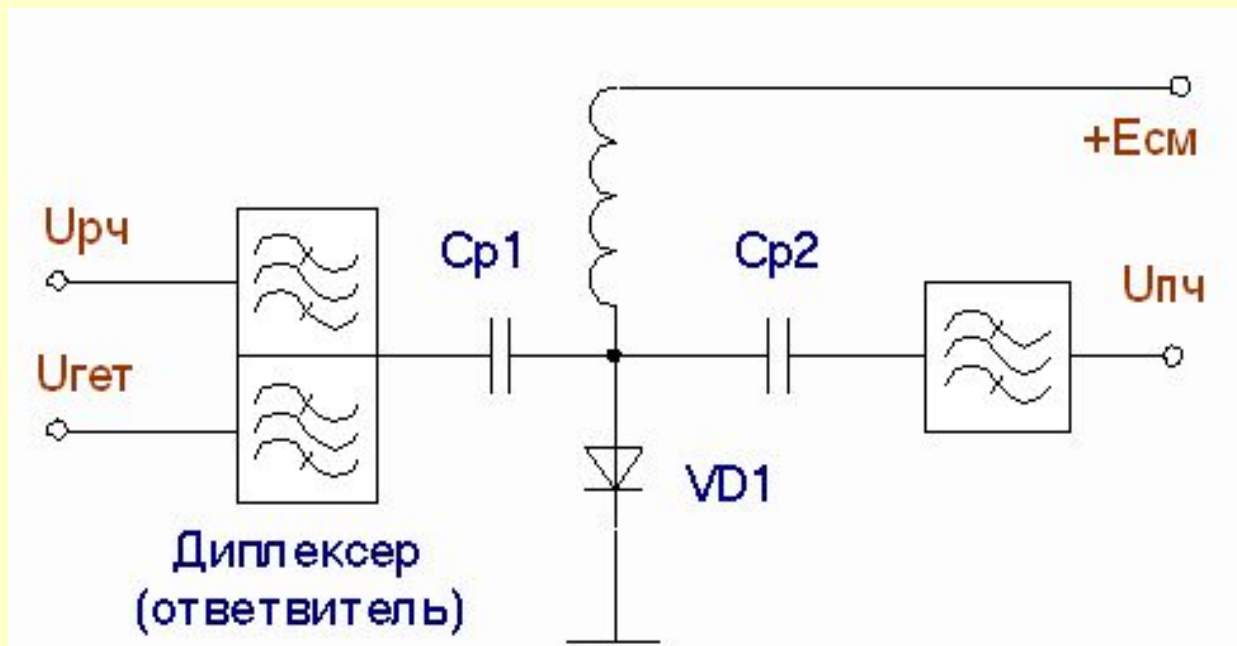
$$T_{ш} = (F - 1)T_0,$$

где  $T_0$  - температура окружающей среды. Величина  $T_{ш}$  определяется элементной базой МШУ и лежит в пределах 100...450 К.

После первого преобразования сигнал в диапазоне 0,95... 1,75 ГГц, усиливается и по коаксиальному кабелю передается на вход внутреннего блока. По этому же кабелю на наружный блок может передаваться напряжение электропитания.

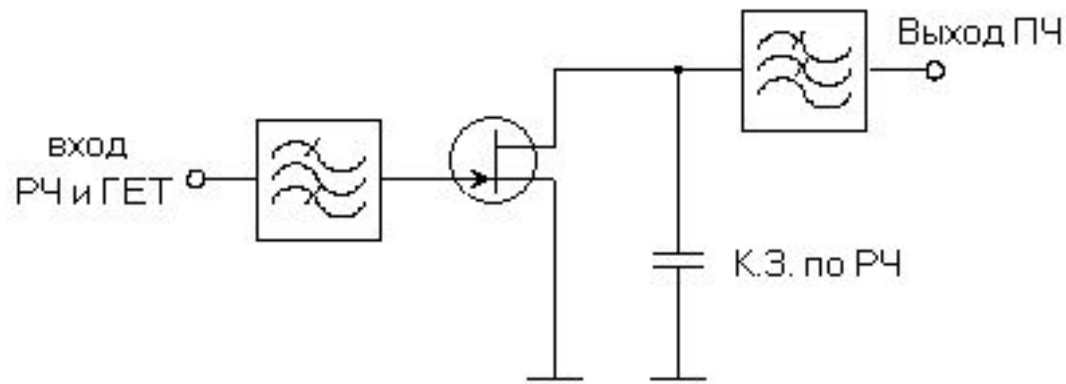
В случае практической реализации схем диодных смесителей необходимо производить развязку трактов сигнала гетеродина и входного РЧ сигнала, выполняемую обычно при помощи ВЧ трансформаторов, направленных ответвителей (диплексеров).



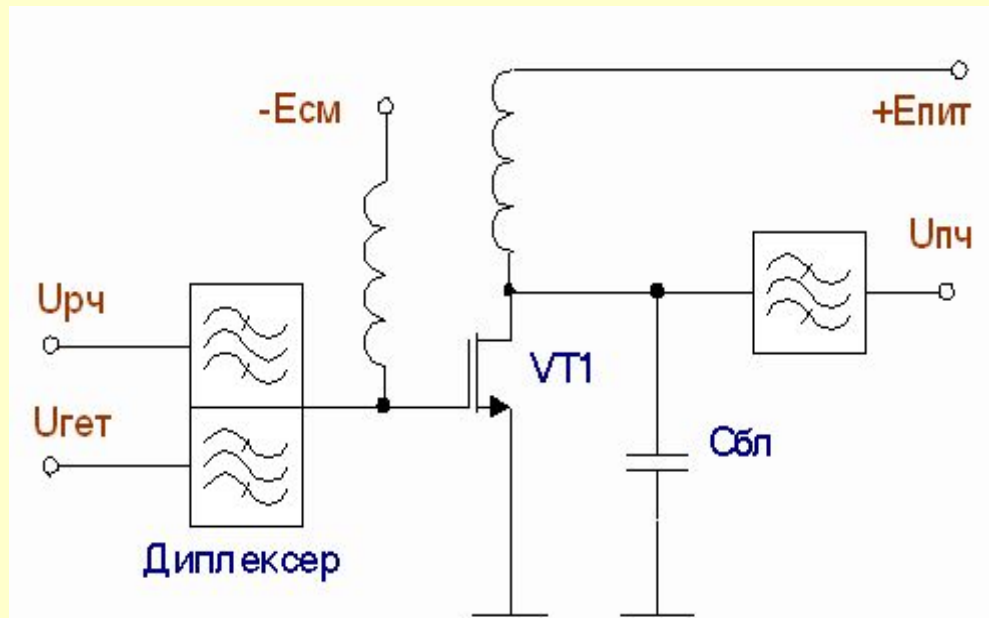


В большинстве диодных смесителей используются несмещенные диоды, однако, при подаче на диод прямого напряжения смещения для получения небольшого тока, можно уменьшить потери преобразования. Это особенно желательно при использовании гетеродина с малым уровнем сигнала. Диод смещается для того, чтобы установить статическую рабочую точку, расположенную близко к области максимальной нелинейности на рабочей характеристике, на квадратичный участок.

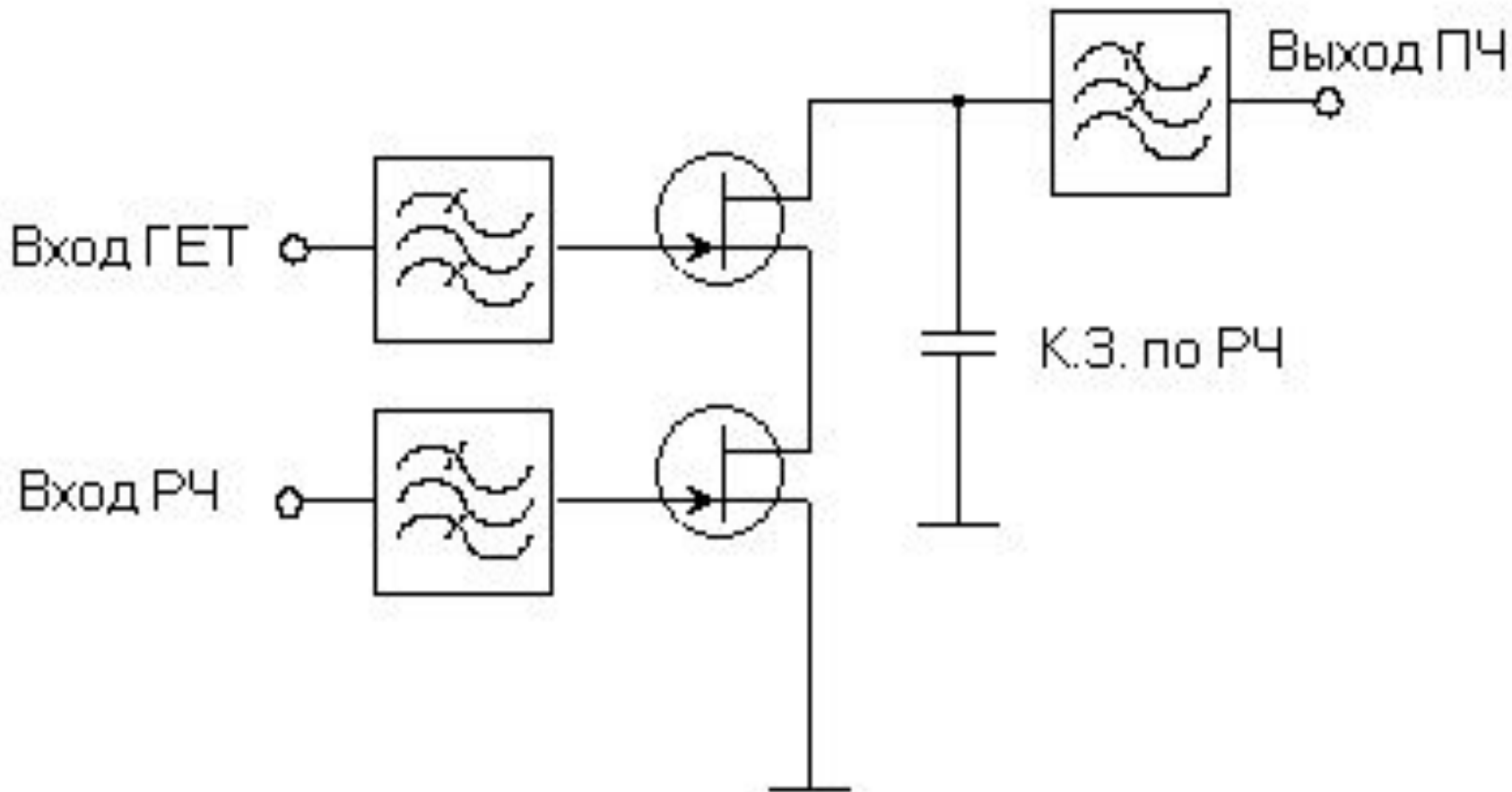
Полевые транзисторы могут использоваться в смесителях в активном и пассивном режимах. Значения коэффициента передачи в этих смесителях выше, а уровни интермодуляционных искажений ниже, чем у типичных пассивных смесителей. Полевые транзисторы имеют квадратичную вольт-амперную характеристику, что значительно снижает уровни составляющих третьего порядка. Однако, по сравнению с диодными, для таких смесителей требуется гетеродинный сигнал большой мощности.



Достоинствами таких смесителей является возможность усиления преобразованного сигнала и, как правило, более низкий уровень шума, чем у смесителей на пассивных элементах. На рис. показана обобщенная структура небалансного смесителя на ПТ, а на следующем рис. – простой вариант его схемотехнической реализации.

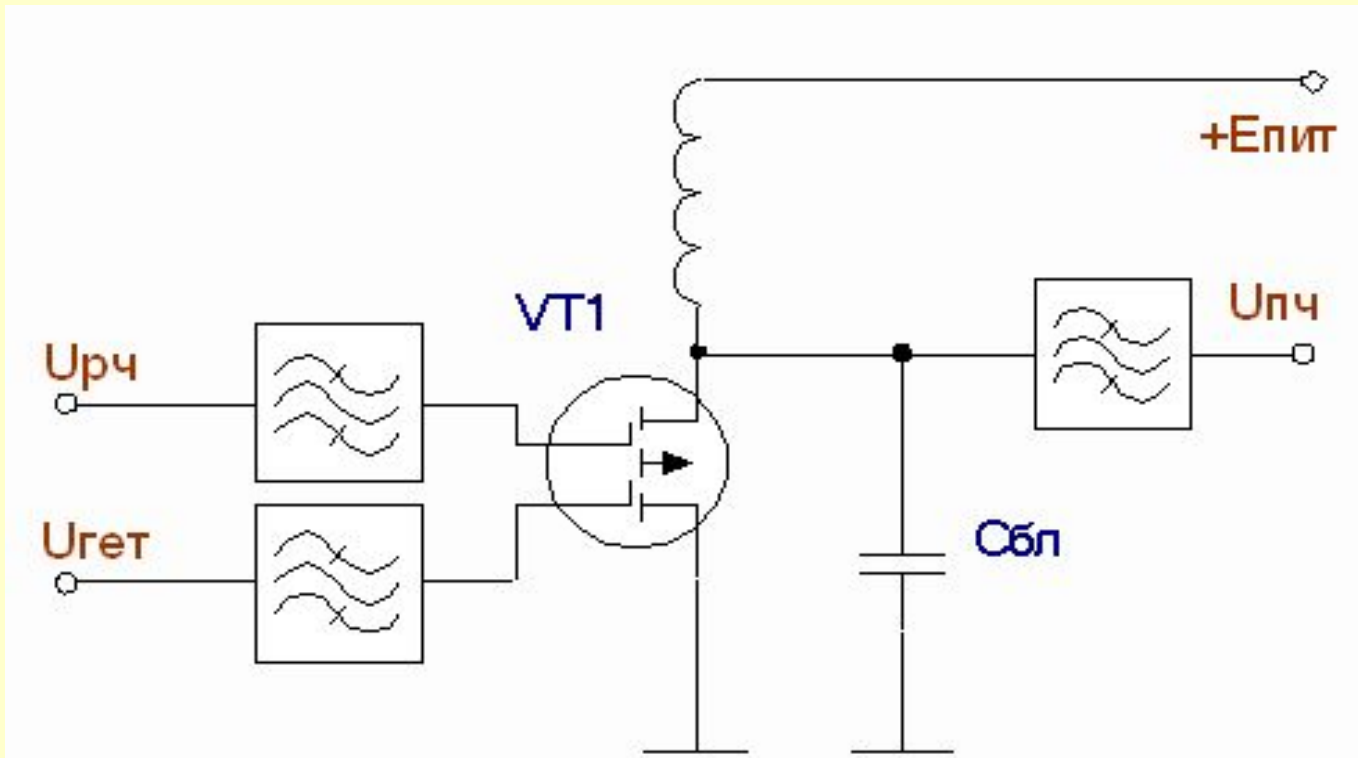


Эта схема имеет недостаток, связанный с недостаточной развязкой сигналов РЧ и гетеродина, поступающих на один и то же вход. По этой причине часто используются смесители с двумя отдельными выходами.



## Упрощенная схема смесителя на двух ПТ

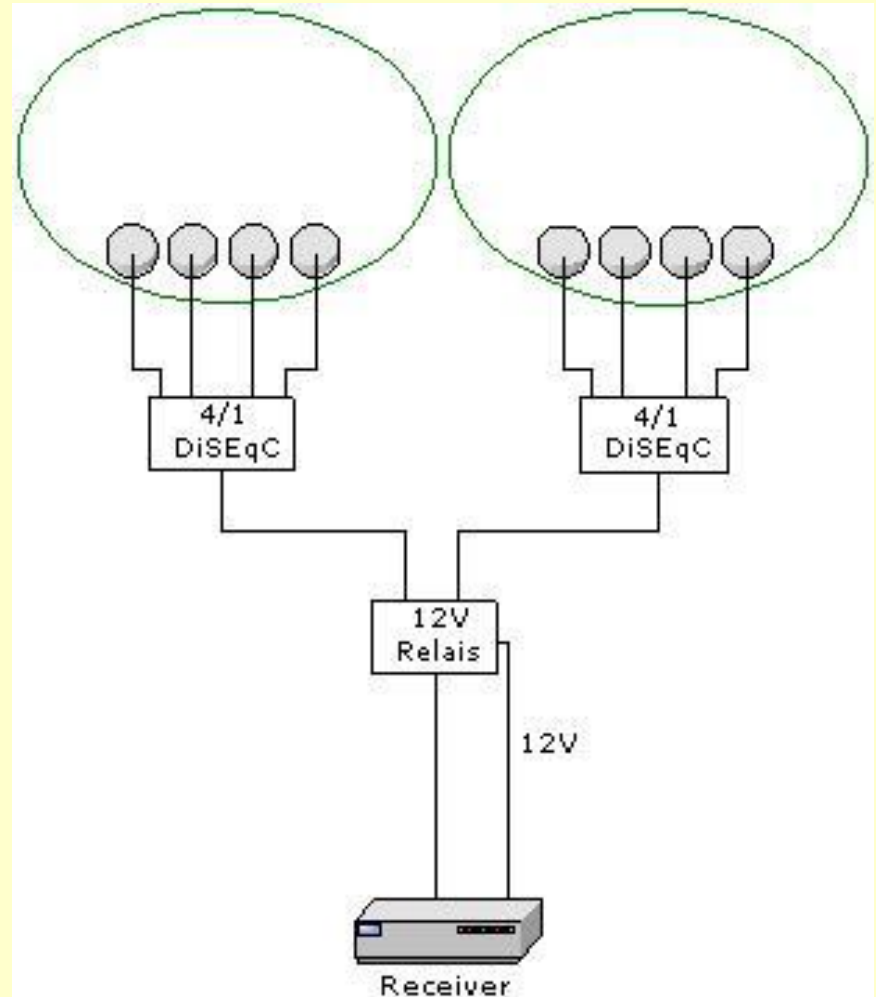
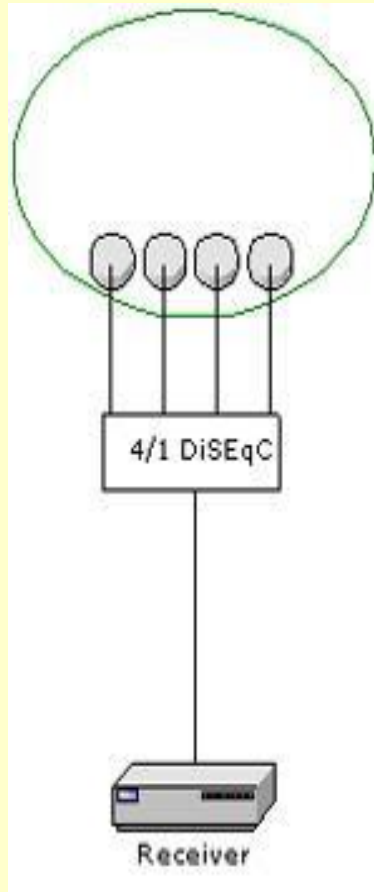
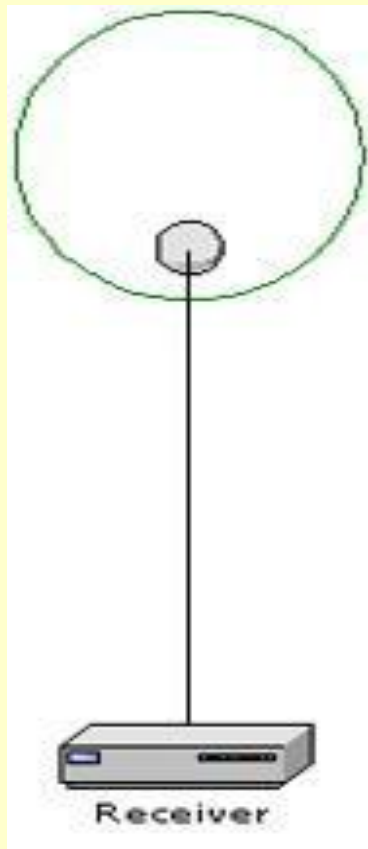
Этот вариант смесителей может быть реализован, например, на основе каскодной схемы включения двух транзисторов на основе двухзатворного КМОП транзистора.



Одним из преимуществ данной схемы является то, что сигналы гетеродина и РЧ по существу изолированы, что может использоваться при разработке компактных смесителей с усилением преобразованного сигнала.

В усилителе первой промежуточной частоты тюнера осуществляется основное усиление сигнала и затем его преобразование на вторую промежуточную частоту, для чего используется второй гетеродин.

На одну «тарелку» могут быть установлены несколько конвертеров на разные спутники.



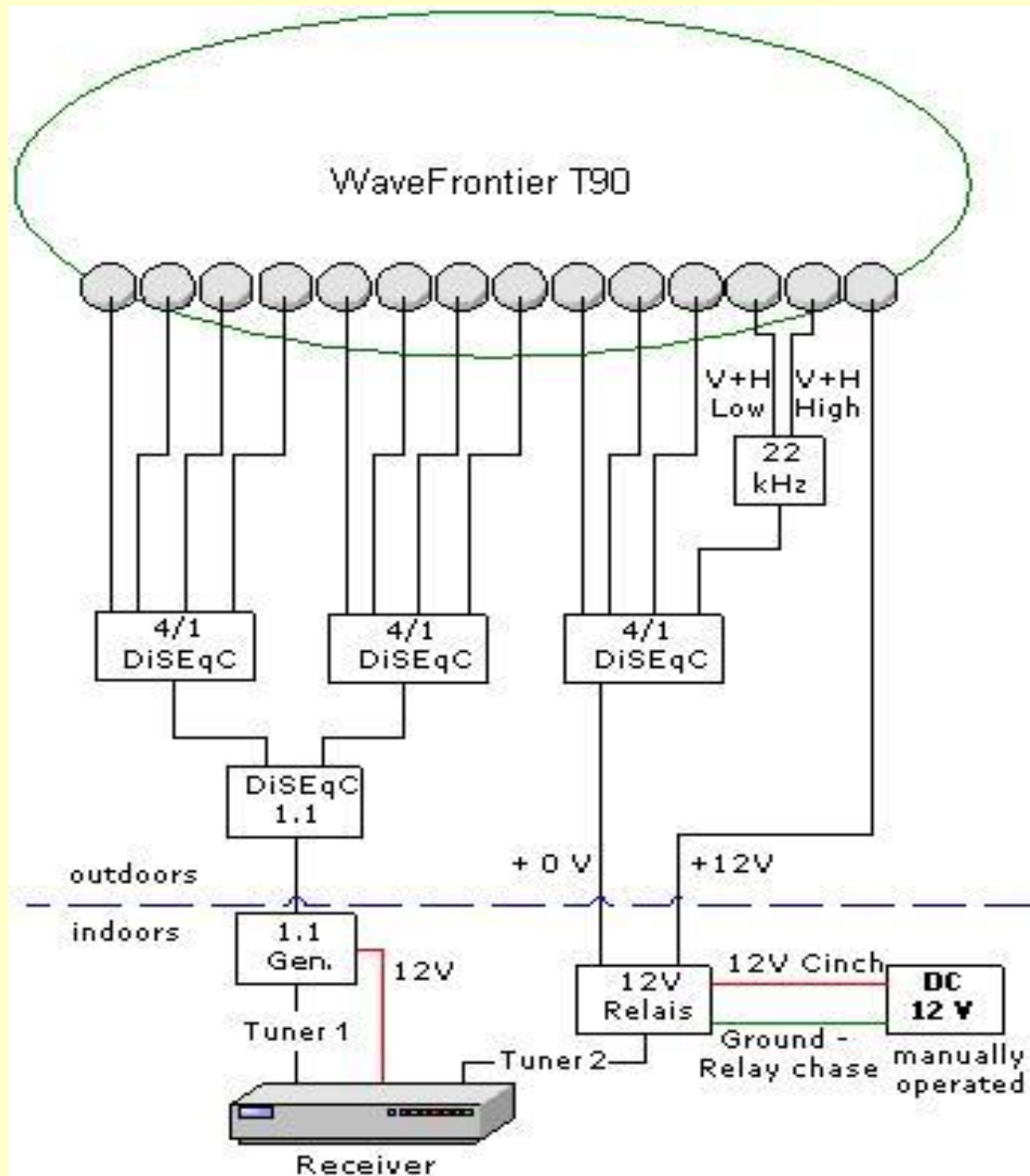
Для реализации последнего варианта необходимы два 4/1 DiSEqC переключателя и один 0/12В переключатель:



А это сам коммутатор.



# Вариант на 14 спутников.



Выглядит это может так (только здесь на 4 спутника). Wave Frontier T90 - это специальная антенна немного необычной формы, конструкция которой кроме самой "тарелки" включает и специальный "отражатель". При этом сигнал спутника отражается дважды - от зеркала антенны и отражателя. И конверторы при этом направлены на отражатель.





Затем следует демодуляция частотно-модулированного сигнала и формирование стандартного телевизионного сигнала, на который рассчитаны бытовые телевизоры. Выбор необходимого частотного канала производится соответствующей настройкой второго гетеродина путем подачи определенного напряжения на варикап.

Тюнер содержит систему эффективной АРУ для нормальной работы установки в различных условиях приема. Выходной сигнал тюнера по одному из метровых или дециметровых каналов подается на антенный вход телевизионного приемника. Может быть также предусмотрено наличие видео- и аудиовыхода для непосредственной подачи полного телевизионного сигнала на видеовход телевизора или видеомагнитофона, а сигнала звукового сопровождения - на вход звука.

Все тюнеры построены по **супергетеродинной схеме**. Имеются узкополосные тюнеры, собранные по упрощенной схеме и рассчитанные на прием только одного или двух каналов с одного спутника. Более сложные многоканальные тюнеры собраны **по схеме двойного преобразования частоты**.

В таких тюнерах гетеродин первого преобразователя может перестраиваться в широких пределах с помощью синтезатора напряжений настройки и оснащен кнопочной настройкой. Число возможных каналов настройки у некоторых тюнеров достигает 500, а номер канала набирается поразрядно несколькими кнопками. **Основное усиление происходит в усилителе второй промежуточной частоты**, за которым следуют, как и у узкополосных тюнеров демодулятор частотно-модулированного сигнала, тракты изображения и звука и формирователь стандартного телевизионного сигнала.

Используемые ныне системы телевидения являются аналоговыми, когда в течение каждой строки напряжение видеосигнала изменяется непрерывно в соответствии с яркостью и цветностью изображения. Но из-за того, что сигнал передается построчно, его частотный спектр не является гладким, а содержит лишь гармоники частоты строк.

Если аналоговый сигнал каждой строки заменить цифровым, частотный спектр окажется значительно более уплотненным, и это позволит поочередно передавать сигналы яркости и цветности, а в приемнике не потребуются их разделять. На этом принципе было разработано несколько систем уплотнения.

# Стандарты телевидения в системах СТВ

Стандартом ТВ сигнала называют совокупность определяющих его основных характеристик, таких как способ разложения изображения, число строк и кадров, длительность и форма синхронизирующих и гасящих импульсов, полярность сигнала, разнос между несущими частотами изображения и звукового сопровождения и метод модуляции последней, параметры предусказывающей цепи звукового сигнала и др. метод передачи сигналов цветности совместно с сигналом яркости.

Системы SECAM, NTSC и PAL были разработаны для наземных ТВ сетей, использующих амплитудную модуляцию (АМ) несущей изображения, и не очень пригодны для спутниковых каналов, где основной является частотная модуляция (ЧМ).

Лучших результатов ожидали от **цифровых методов передачи**. Однако для передачи цветного ТВ изображения с высоким качеством скорость цифрового потока должна составлять **более 200 Мбит/с**, что значительно превышает пропускную способность типового ствола спутникового ретранслятора с полосой пропускания 27...36 МГц.

В качестве компромисса для первого поколения европейских систем непосредственного телевизионного вещания был разработан и принят **комбинированный цифроаналоговый стандарт** с поочередной передачей на периоде активной части строки сжатых во времени аналоговых сигналов яркости и цветности, получивший название **MAC (Multiplexing Analogue Components - уплотнение аналоговых компонент)**.

Сигналы звукового сопровождения, синхронизации, служебная и дополнительная информация передаются в цифровой форме. В зависимости от выбранного способа передачи звука и данных различают стандарты В-МАС, С-МАС, D- и D2-МАС.

В конце 80-х гг. был создан алгоритм цифрового сжатия, позволявший передать высококачественное изображение со скоростью 7...9 Мбит/с, изображение вещательного качества - со скоростью 3,5...5,5 Мбит/с и кинофильм (совокупность неподвижных изображений) со скоростью не более 1,5 Мбит/с (стандарты MPEG1 для телевидения с невысокой разрешающей способностью и прогрессивной разверткой и MPEG2 для вещательного телевидения с чересстрочной разверткой). Дальнейшим развитием MPEG2 стал европейский стандарт цифрового ТВ вещания (DVB), содержащий нормы на параметры модуляции, кодирования и передачи по каналам связи.

## Структура систем НСТ

При планировании спутникового ТВ вещания наиболее важным и определяющим является **требование ЭМС** с другими радиослужбами (наземное ТВ вещание, радиолокация и т.п.).

Поэтому выделение диапазонов частот для спутникового вещания производится **Всемирной административной конференцией радиосвязи (ВАКР)**, а условия использования каждого из выделенных диапазонов определяются **Регламентом радиосвязи**.

Для спутникового ТВ вещания на участке ИСЗ - Земля выделены следующие полосы частот: 620...790, 2500...2690, 3400...3900, 10950... 11700, 11700... 12500, 40500...42500 и 84000...86000 МГц. Только **две последние** полосы выделены спутниковому вещанию на исключительной основе и без каких-либо ограничений; в остальных полосах частот спутниковое вещание сосуществует с другими службами и для исключения взаимных помех **введены ограничения на плотность потока мощности** излучения ИСЗ.

Перечисленные полосы частот выделены для линии ИСЗ - Земля. Для подачи программ на ИСЗ, т.е. для участков Земля - ИСЗ, выделены другие полосы частот: 5725...6425 МГц, 14,0... 14,5 ГГц, 17,3...18,1 ГГц и др.

**Ширина эквивалентной полосы** модулированного сигнала  $\Pi$  составляет 27 МГц. Эта величина была выбрана на базе приближенного выражения

$$\Pi \approx 1.1 (2f_{\text{д}} + 2F_{\text{в}}),$$

где  $2f_{\text{д}} = 12$  МГц - девиация частоты от пика до пика для диапазона частот 12 ГГц;  $F_{\text{в}}$  - верхняя модулирующая частота, включая верхнюю поднесущую звука, МГц.

Расстройка между частотами соседних каналов составляет 19,18 МГц; она меньше ширины каналов. Вследствие этого несколько возрастают межканальные интерференционные помехи.

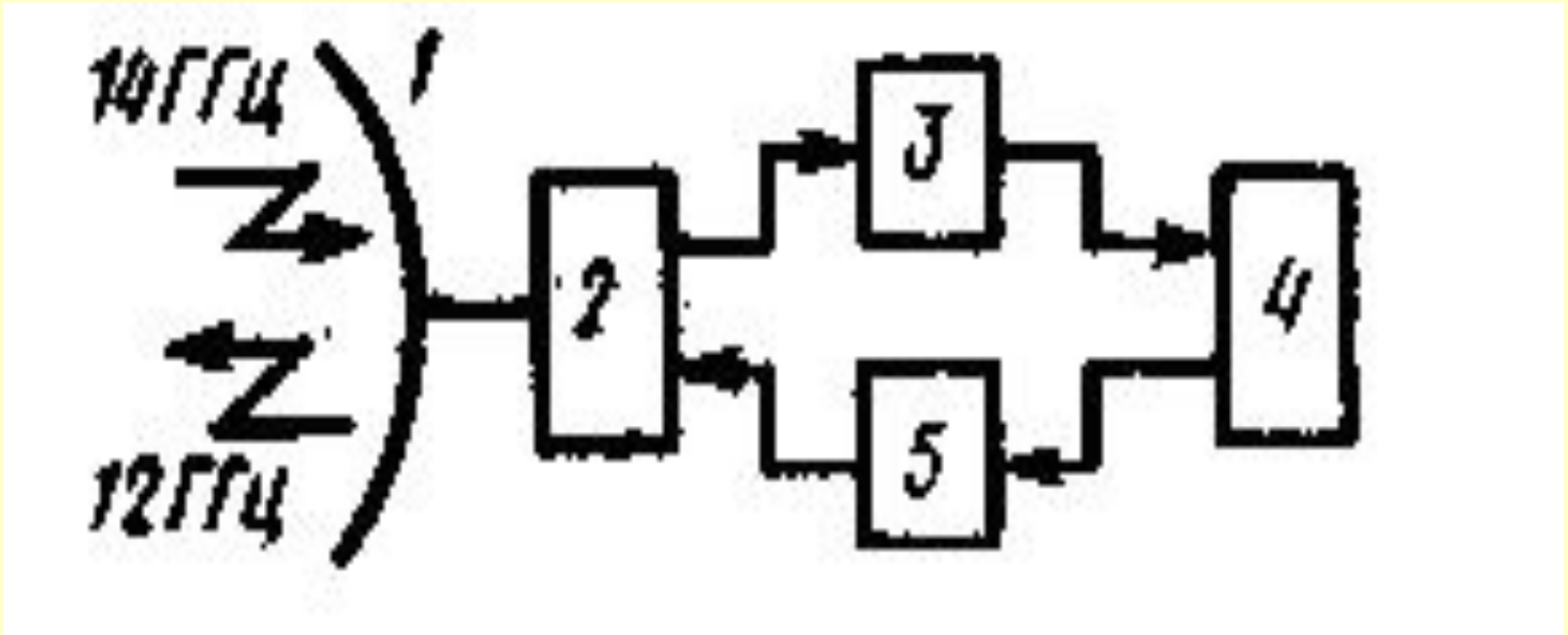
Для лучшего использования электромагнитного спектра используется право- и левосторонняя круговая поляризация; при этом одни и те же частотные каналы используются для передачи двух сигналов с противоположной поляризацией.



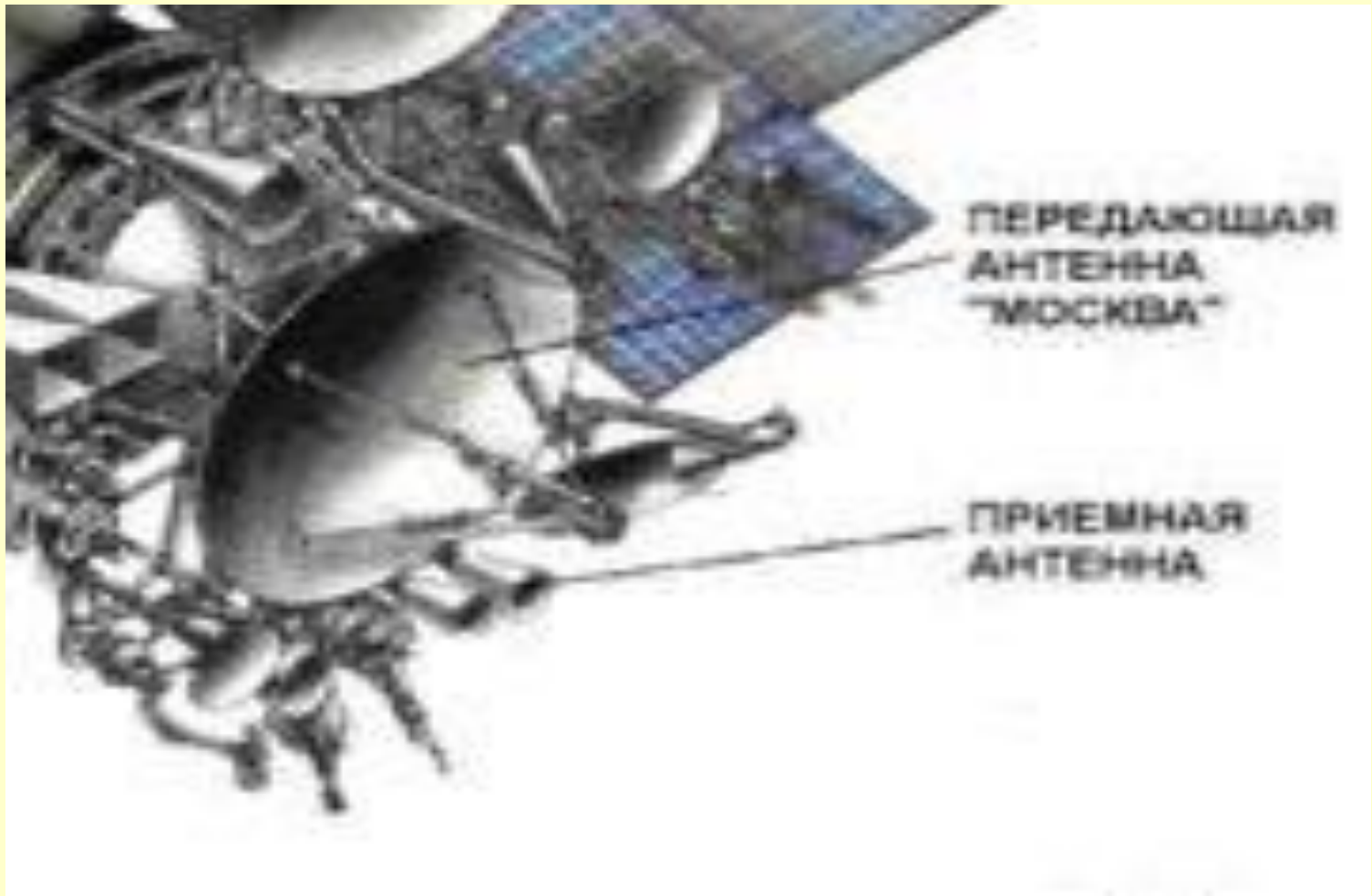
При составлении Плана принималось, что вещание на одну зону осуществляется по четырем - шести каналам, разнесенным друг от друга на четыре канала (например, каналы 27, 31, 35, 39 в точке орбиты  $23^\circ$  в.д. были выделены европейской зоне бывшего СССР). Каналы эти сгруппированы в одном из двух поддиапазонов, каждый шириной 400 МГц, и используют одинаковую поляризацию. Спутники размещаются на геостационарной орбите через  $6^\circ$  (Районы 1 и 3), за исключением  $5^\circ$  между  $29^\circ$  в.д. и  $34^\circ$  в.д. и  $4^\circ$  между  $34^\circ$  в.д. и  $38^\circ$  в.д. Всего для Районов 1 и 3 предусмотрено размещение 984 передатчиков на 36 спутниках.

Наземная передающая станция имеет параболическую антенну диаметром 5 или более метров, мощность передатчика около 50 Вт. Передача на спутник производится в диапазоне частот 14... 14,5 ГГц.

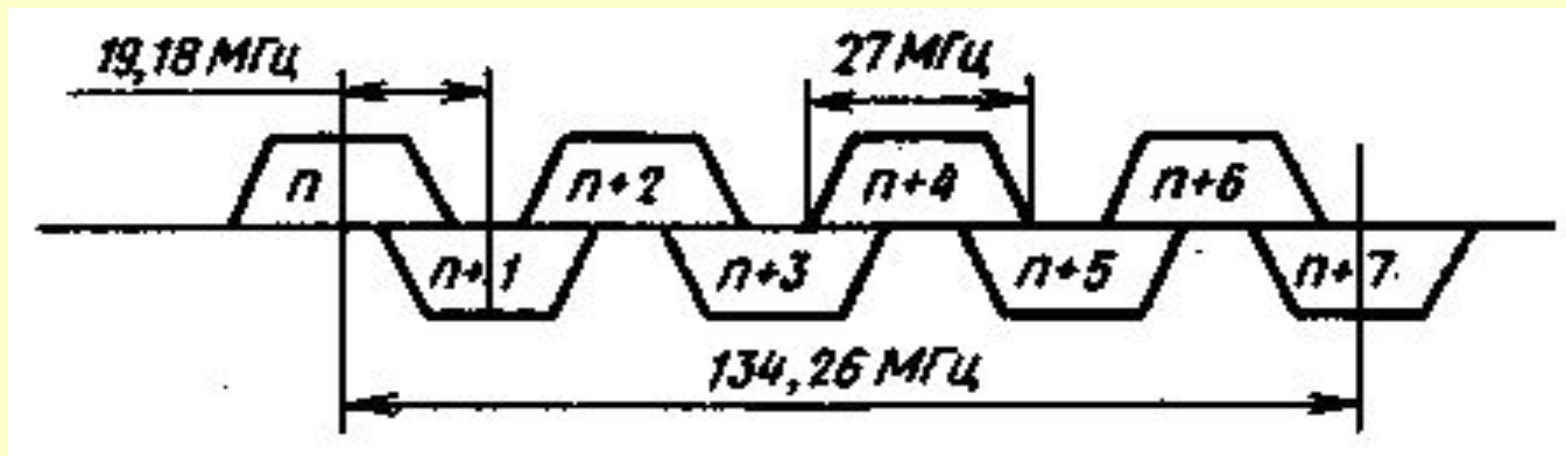
Радиоаппаратура спутника для отдельно взятого ствола состоит из устройств, представленных на рис. 1, где 1 - общая зеркальная антенна; 2 - частотно-разделительное устройство; 3 - СВЧ приемник на 14 МГц; 4 - блок преобразования информации; 5 - СВЧ передатчик на 12 ГГц.



По сути дела, это типичная ячейка РРЛ, специфика исполнения которой связана с работой на одну антенну, хотя в ряде случаев предпочитают прием сигнала на 14 ГГц производить отдельной рупорной антенной, так как сигнал, транслируемый с Земли, обычно очень сильный.



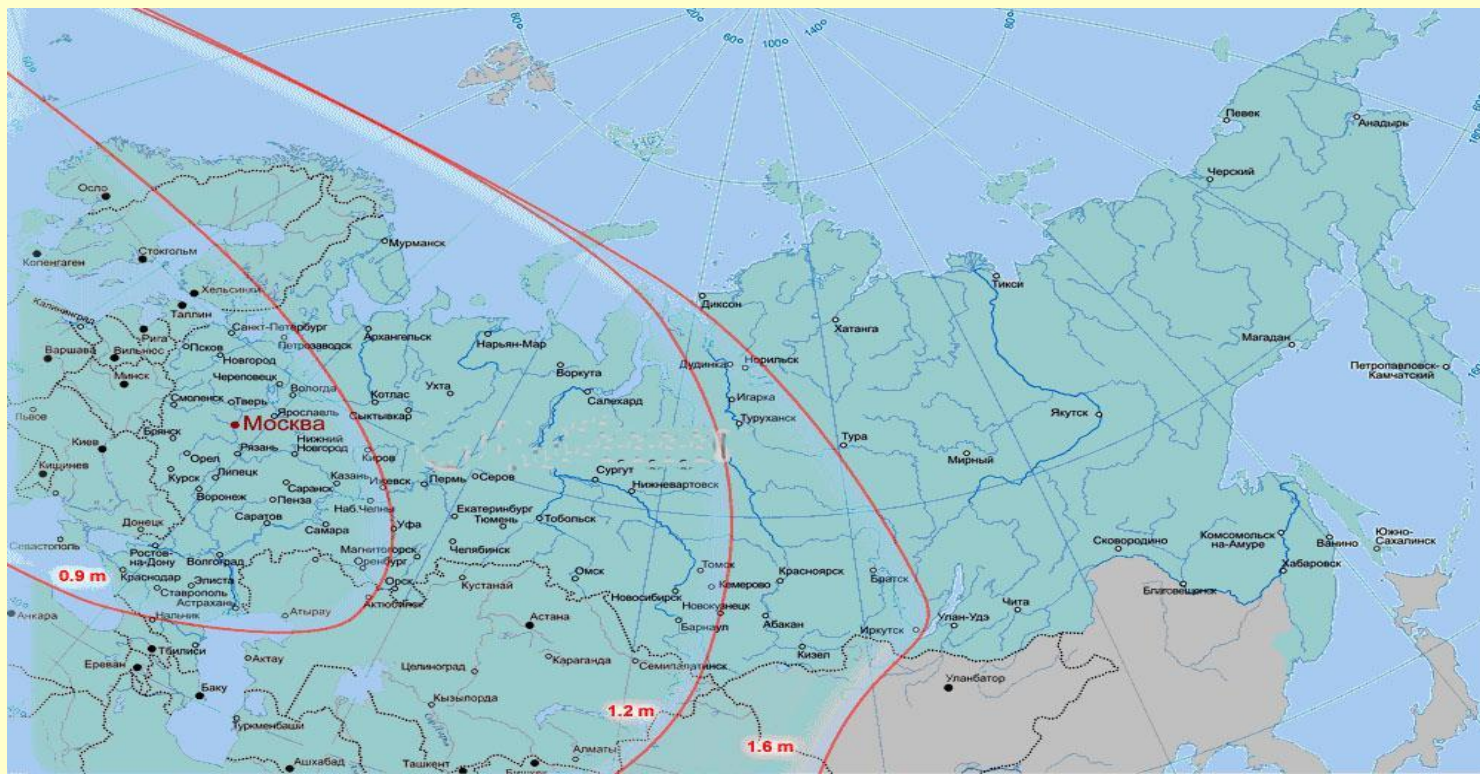
Типичное разделение СВЧ сигналов, принимаемых с ИСЗ связи по частотам и поляризациям, приведено на рис



Четные каналы имеют один вид поляризации, нечетные - противоположный. Видно, что соседние каналы перекрываются, но это происходит на краях спектра сигналов, поэтому их взаимовлияние мало. Кроме того, **поляризационная развязка ослабляет взаимовлияние более чем в 100 раз.** В практике космического телевидения соседние каналы на одном спутнике обычно не задействуют.

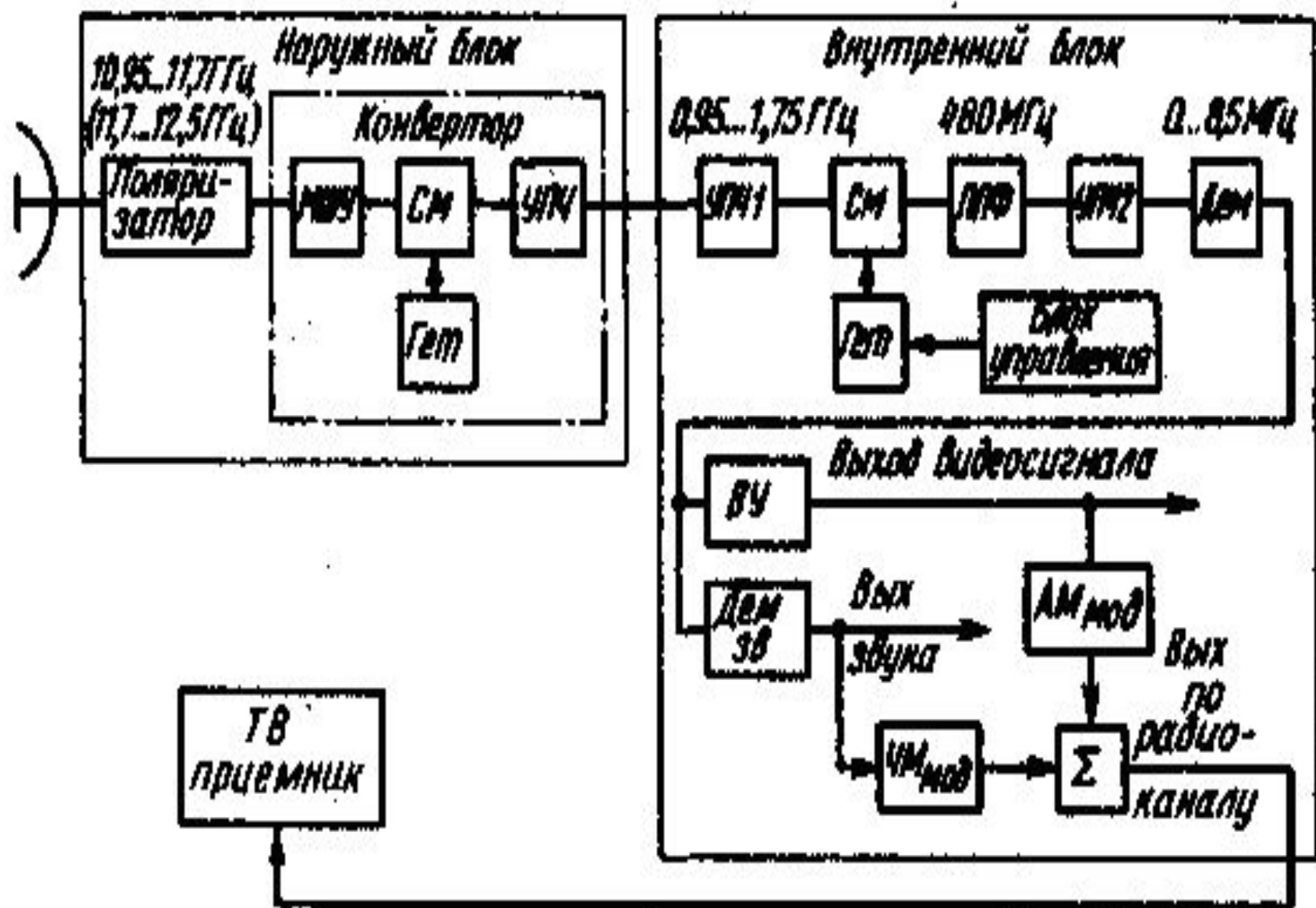
Мощность передатчиков вещательных спутников лежит в границах от 200 до 300 Вт в каждом канале. Коэффициент усиления спутниковой антенны наибольшего значения достигает в точке, на которую направлена диаграмма антенны (точка прицеливания). За границу обслуживаемого пространства принимается кривая, определяемая при уменьшении коэффициента усиления на 3 дБ. Если прием ведется за пределами этой границы, то необходимо использовать антенну большего диаметра.

Эквивалентная ЭИИМ вещательного спутника, т.е. произведение мощности спутникового передатчика на коэффициент усиления антенны, составляет около 64 дБВт (2,5 МВт) в середине обслуживаемой территории. При этом, если не учитывать дополнительного затухания в атмосфере, плотность потока мощности на поверхности Земли составит – 98,81 дБВт/м<sup>2</sup> в середине обслуживаемого пространства. Антенна диаметром 60 см обеспечивает нормальные условия приема на всей территории, обслуживаемой вещательным спутником.



Положение луча антенны земной станции (ЗС) в пространстве принято характеризовать двумя углами - **азимутом и углом места** (углом возвышения).

Для наведения антенны на геостационарный спутник надо знать широту  $\varphi$  и долготу  $\lambda$ , того населенного пункта, где расположена станция, направление на север в точке размещения антенны, долготу ИСЗ  $\lambda_0$ . Положение антенны уточняется по максимальному уровню принимаемого сигнала. В процессе работы положение антенны (в зоне уверенного приема) обычно менять не приходится, поскольку геостационарные спутники сохраняют свое положение на орбите с высокой точностью ( $\Delta\lambda_0 \pm 0,1^\circ$ ).



Во внутреннем блоке происходит **второе преобразование частоты**. В большинстве европейских стран принято значение второй ПЧ 480, в США - 612 МГц.

Выбор желаемой программы обеспечивается **настройкой гетеродина второго преобразователя** на частоту принимаемого сигнала. Перестраиваемый гетеродин обычно работает в диапазоне 1,4...2,2 ГГц и выполняется на варакторах.

В качестве ЧД обычно применяют **синхронно-фазовые детекторы** со следящим контуром, которые имеют пороговые отношения сигнал/шум 6...10 дБ.

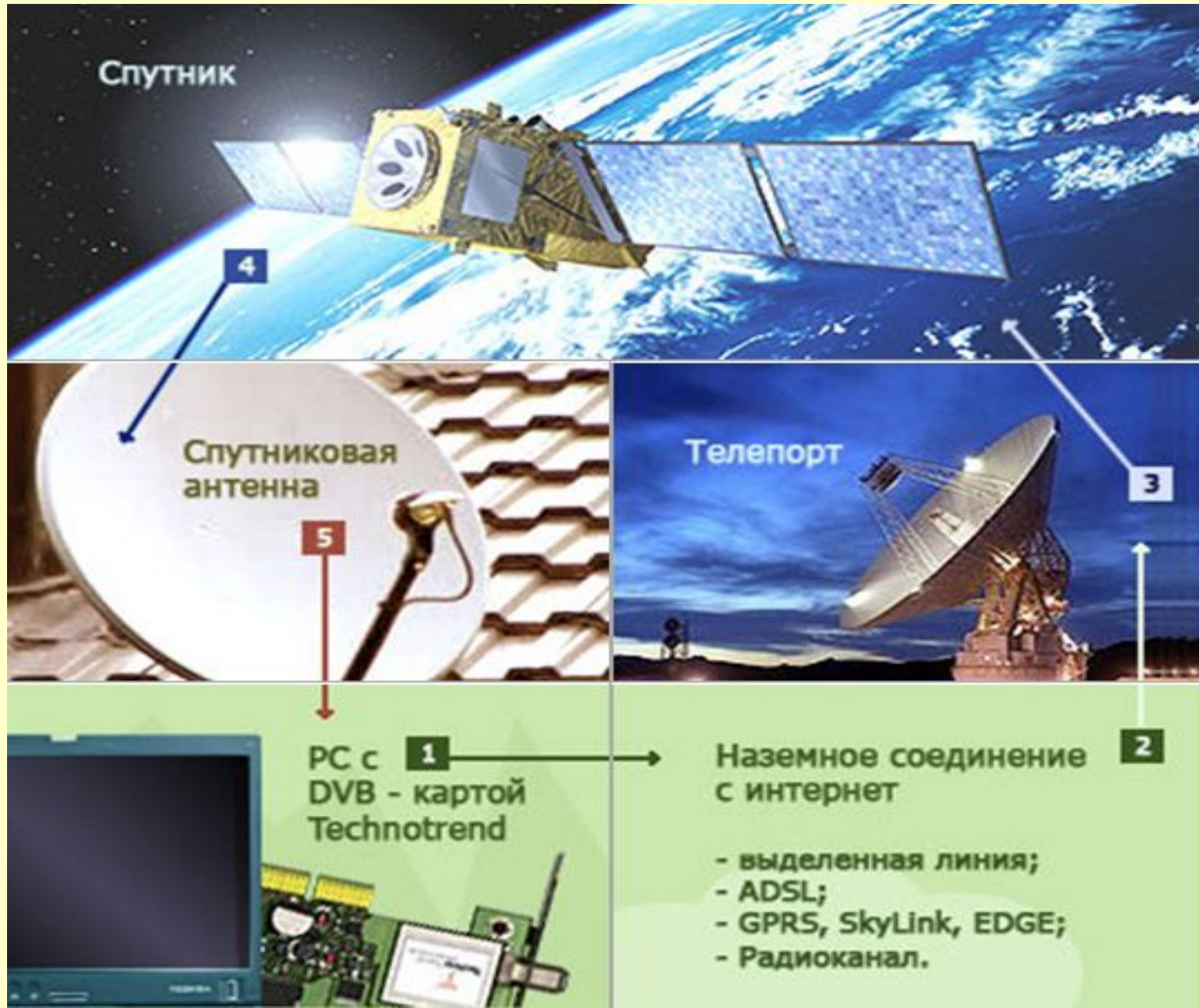
На выходе демодулятора получается композитный сигнал в стандарте PAL, SECAM или систем MAC совместно с сигналами поднесущих звука.

Из композитного сигнала выделяются видеосигналы в виде сигналов основных цветов R, G, B или в виде сигналов Y, U, V.

Эти сигналы совместно с сигналами звука подводятся к соединителю типа BNS-75 Ом или универсальному соединителю типа "Euroconnector" (SCART) стандартного ТВ приемника.



# О технологии спутникового Интернета



Симплексный спутниковый Интернет является однонаправленным (сигнал идет только в одну сторону – со спутника) и для его работы необходим обратный (запросный) наземный канал.

1. Компьютер пользователя отправляет запрос на требуемый файл(ы) по наземному каналу (ADSL, GPRS, выделенная линия, радиоканал и т.п.) на сервер провайдера спутникового Интернета;
2. Сервер провайдера скачивает из Интернета требуемый файл и отправляет его на телепорт.
3. Телепорт передает сигнал на спутник, где он ретранслируется и
4. попадает на спутниковую антенну.
5. Спутниковая антенна передает сигнал на DVB-S карту, где он обрабатывается.