



БОРТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

Лекция 6



КАФЕДРА
АВИАЦИОННЫХ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
КОМПЛЕКСОВ

Тема 6.
**АКТИВНЫЕ ПОМЕХИ РЛС
ОБНАРУЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ,
КОМАНДНЫМ РАДИОЛИНИЯМ,
РАДИОЛИНИЯМ НАВИГАЦИИ И
СВЯЗИ**

**6.1. Классификация
радиоэлектронных помех**

Радиоэлектронная помеха – это ЭМ или акустическое излучение в виде **отражающего**, **рассеивающего** или **модулирующего образования**, которое, воздействуя на элементы радио-, оптико- или акустоэлектронного средства или на среду распространения ЭМ и/или акустических волн, снижает эффективность его функционирования.

- **Активная преднамеренная РЭ помеха** создается непосредственно **источником искусственного происхождения**.
- **Пассивная преднамеренная РЭ помеха** создается **отражением излучения подавляемого РЭС или формированием** в среде распространения этого излучения отражающих, поглощающих, рассеивающих или модулирующих **образований**.

**Диапазон
частот
(длин
волн)**

1. Радиопомехи.
2. Оптические помехи:
 - ИК ближнего и дальнего диапазона;
 - видимого диапазона;
 - УФ диапазона.
3. Рентгеновского диапазона.

Происхождение

1. **Естественные** помехи.
2. **Искусственные** помехи:
 - преднамеренные;
 - непреднамеренные.
3. **Индустриальные**.

**Энергия,
затрачиваемая
на создание
помехи**

- **активные** помехи;
- **пассивные** помехи;
- **активно-пассивные** помехи.

Характер взаимодействия с излучением РЭС

- **аддитивные** $U_{\Sigma}(t) = U_{АП}(t) + U_C(t)$
- **мультипликативные**
(модулирующие) $U_{\Psi}(t) = U_{\Phi}(t) \times U(t)$
- **аппликативные** (аддитивно-мультипликативные)

Эффекты воздействия

- Помехи, **скрывающие** сигнал.
- Помехи, **ослабляющие** сигнал.
- Помехи, **имитирующие** сигнал:
- Искажающие характеристики тракта приема и обработки сигналов (**абберационные помехи**).

Степень пространственной когерентности:

- 1) некогерентные,
- 2) частично когерентные,
- 3) когерентные.

Степень прицельности по направлению, частоте, поляризации, времени

1. **Прицельные** помехи $\Delta f_{\Pi} \approx \Delta f_{\text{С}}$

- со следящей (запаздывающей) погоней за параметрами;
- с программной (упреждающей) погоней за параметрами.

2. **Заградительные** помехи $\Delta f_{\Pi} \gg \Delta f_{\text{С}}$

- параллельно-заградительные;
- последовательно-заградительные (скользящие или сканирующие).

3. **Прицельно-заградительные** помехи $\Delta f_{\Pi} \Leftrightarrow$

По виду подавляемого канала РЭС

Помехи каналу АСН

7

Помехи каналу АСД

Помехи каналу АСС

По принципу действия помехи

Помехи, рассчитанные на конструктивно-схемные недостатки РЭС

Помехи, рассчитанные на принцип действия РЭС

Структура помех

Помехи в виде случайных процессов

Помехи в виде колебаний со случайными параметрами

Детерминированные помехи

Способы формирования помех

1. **Генерируемые** по априорным данным о сигнале.
2. **Ответственно-генерируемые** по данным непосредственной разведки излучений подавляемых РЭС.
3. **Формируемые** из рабочего излучения РЭС с **использованием ретрансляторов** (помехи-копии сигнала, помехи-преобразованные копии сигнала).

По эффекту воздействия

- Помехи, скрывающие (маскирующие) сигнал
- Помехи, ослабляющие сигнал
- Помехи, имитирующие сигнал
- Искажающие характеристики тракта приема и обработки сигналов (абберационные помехи)

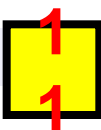
По степени пространственной когерентности:

- некогерентные;
- частично когерентные;
- когерентные.

По виду уплотнения в многоканальных по частоте САП

- **с временным уплотнением** (частотно-дискретизированные помехи);
- **с частотным уплотнением** (излучаемые одновременно на разных частотах).

РЭП вызывает в РЛС **основные эффекты**



- нарушение процесса обнаружения (пропуск цели);
- дезориентацию оператора РЛС;
- **задержку обнаружения цели или задержку начала АС цели;**
- **сопровождение ложной цели (ЛЦ);**
- перегрузку систем обработки информации чрезмерным количеством ЛЦ;
- нарушение способности измерения РЛ средствами D , скорости и направления цели;
- **создание ошибок в измерении D , скорости и направления цели;**
- **срыв автосопровождения цели или ракеты.**

6.2. Энергетические соотношения при подавлении РЛС обнаружения целей

6.2.1. Взаимное прикрытие

ПП РЛС не совмещен с прикрываемым самолетом, трассы распространения сигнала и помех не равны друг другу.

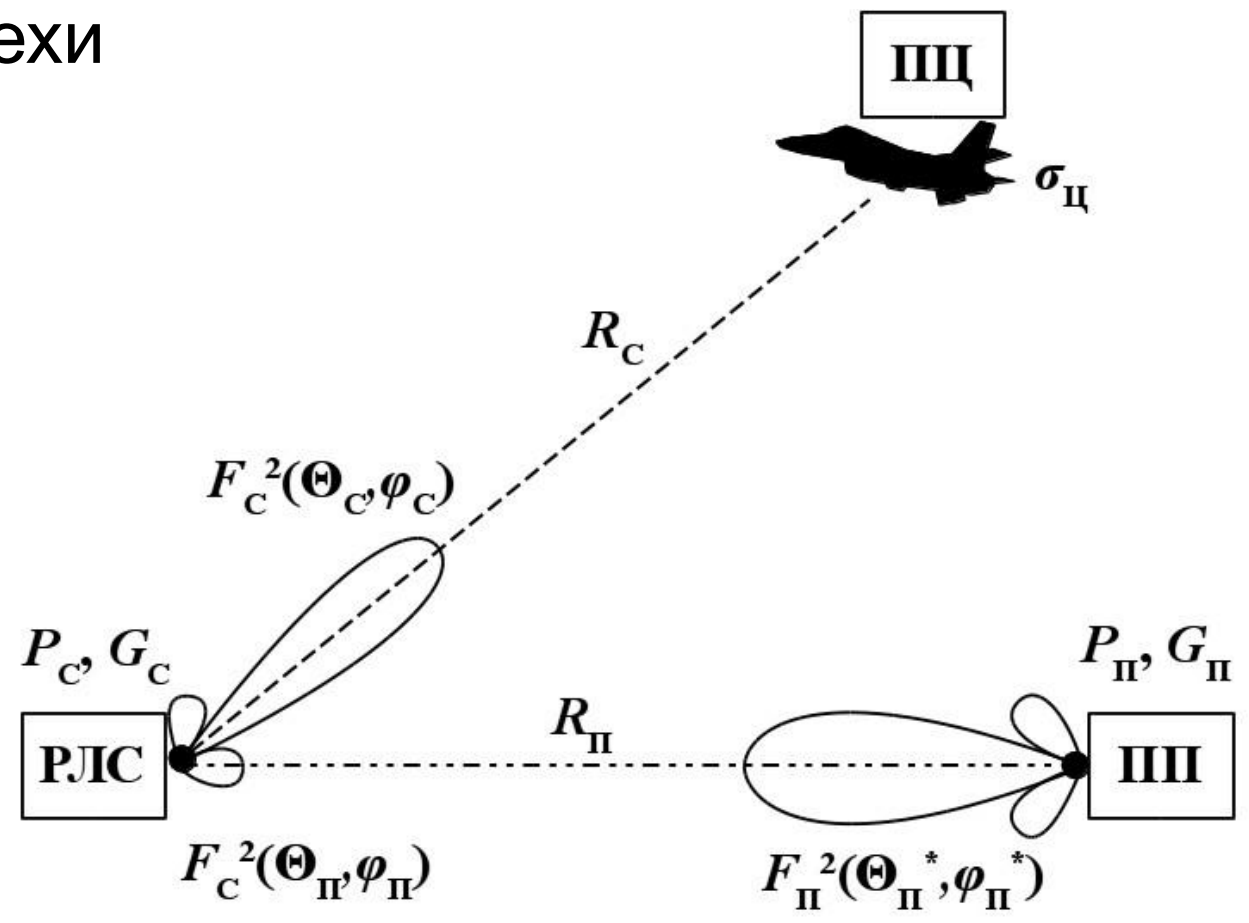


Рис. 1. Создание помех РЛС в случае взаимного прикryтия

Мощность полезного сигнала на входе ПРМ подавляемой РЛС

$$P_{\text{СВХ}} = \frac{P_{\text{С}} G_{\text{С}}}{(4\pi R_{\text{С}}^2)^2} \cdot \sigma_{\text{Ц}} A_{\text{Р}} F_{\text{С}}^4(\Theta_{\text{С}}, \varphi_{\text{С}})$$

Мощность помехового сигнала на входе ПРМ РЛС

$$P_{\text{ПВХ}} = \frac{P_{\text{П}} G_{\text{П}}}{4\pi R_{\text{П}}^2} \cdot \frac{\Delta f_{\text{ПРМ}}}{\Delta f_{\text{П}}} \cdot \gamma A_{\text{Р}} F_{\text{П}}^2(\Theta_{\text{П}}^*, \varphi_{\text{П}}^*) F_{\text{С}}^2(\Theta_{\text{П}}, \varphi_{\text{П}}) + P_{\text{Ш}}$$

Уравнение РЭП для случая взаимного прикрытия (уравнение противорадиолокации)

$$K_{\text{П}} = \frac{P_{\text{ПВХ}}}{P_{\text{СВХ}}} = \frac{P_{\text{П}} G_{\text{П}} R_{\text{С}}^4}{P_{\text{С}} G_{\text{С}} R_{\text{П}}^2} \frac{4\pi\gamma}{\sigma_{\text{Ц}}} \frac{\Delta f_{\text{ПРМ}}}{\Delta f_{\text{П}}} \frac{F_{\text{П}}^2(\Theta_{\text{П}}^*, \varphi_{\text{П}}^*) F_{\text{С}}^2(\Theta_{\text{П}}, \varphi_{\text{П}})}{F_{\text{С}}^4(\Theta_{\text{С}}, \varphi_{\text{С}})}$$

Уравнение используется для **решения задач**

- 1) определения границ зоны подавления;
- 2) расчета размеров эффективного сектора, прикрытого помехами, при заданных параметрах ПП и заданной минимальной дальности до него;
- 3) оценки энергопотенциала ПП, необходимого для подавления РЛС в пределах заданного сектора.

Цель не будет обнаружена, если ее удаление от РЛС

$$R_{\Pi} \geq \sqrt[4]{\frac{K_{\Pi} \sigma_{\Pi}}{4\pi\gamma} \cdot \frac{P_C G_C}{P_{\Pi} G_{\Pi}} \cdot \frac{\Delta f_{\Pi}}{\Delta f_{\text{ПРМ}}} \cdot \frac{F_C^4(\Theta_C, \varphi_C)}{F_{\Pi}^2(\Theta_{\Pi}^*, \varphi_{\Pi}^*) F_C^2(\Theta_{\Pi}, \varphi_{\Pi})}} R^2$$

Максимальное удаление ПП от подавляемой РЛС, при котором обеспечивается требуемое значение K_{Π}

$$R_{\Pi \text{ max}} = R_C^2 \sqrt{\frac{P_{\Pi} G_{\Pi}}{P_C G_C} \cdot \frac{4\pi\gamma}{K_{\Pi} \sigma_{\Pi}} \cdot \frac{\Delta f_{\text{ПРМ}}}{\Delta f_{\Pi}} \cdot \frac{F_{\Pi}^2(\Theta_{\Pi}^*, \varphi_{\Pi}^*) F_C^2(\Theta_{\Pi}, \varphi_{\Pi})}{F_C^4(\Theta_C, \varphi_C)}}$$

6.2.2. Самоприкрытие

Случай установки ПП на прикрываемом объекте, когда помехи создаются с борта самолета.

Уравнение РЭП для случая самоприкрытия

$$K_{\Pi} = \frac{P_{\text{ПВХ}}}{P_{\text{СВХ}}} = \frac{P_{\Pi} G_{\Pi} F_{\Pi}^2(\Theta_{\Pi}, \varphi_{\Pi})}{P_{\text{С}} G_{\text{С}} F_{\text{С}}^2(\Theta_{\text{С}}, \varphi_{\text{С}})} \cdot \frac{4\pi\gamma R_{\Pi}^2}{\sigma_{\text{Ц}}} \cdot \frac{\Delta f_{\text{ПРМ}}}{\Delta f_{\Pi}}$$

Граничное расстояние R_{min} – это **дальность самоприкрытия цели** при заданном значении K_{Π}

$$R_{\text{min}} = \sqrt{\frac{K_{\Pi} P_{\text{С}} G_{\text{С}} \sigma_{\text{Ц}}}{4\pi P_{\Pi} G_{\Pi} \gamma} \cdot \frac{\Delta f_{\Pi}}{\Delta f_{\text{ПРМ}}} \cdot \frac{F_{\text{С}}^2(\Theta_{\text{С}}, \varphi_{\text{С}})}{F_{\Pi}^2(\Theta_{\Pi}^*, \varphi_{\Pi}^*)}}$$

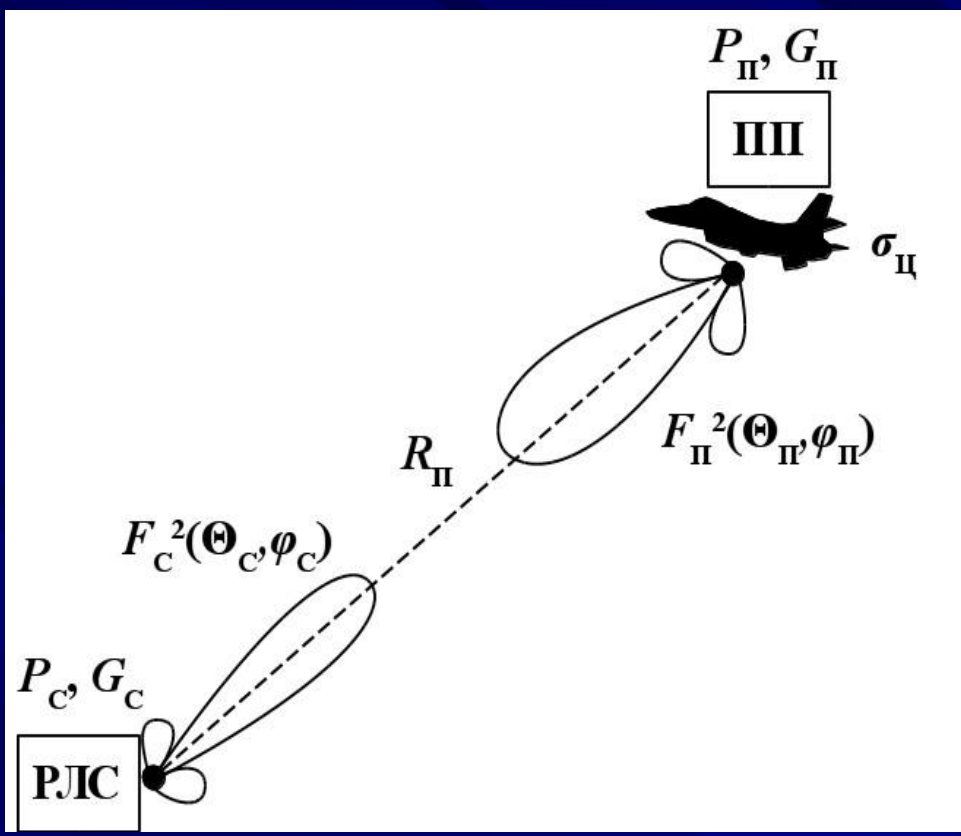


Рис. 3. Создание помех РЛС в случае самоприкрытия

Для уменьшения **дальности самоприкрытия цели** необходимо увеличивать энергопотенциал САП, улучшать качество помехи, делать помеху прицельной по частоте, направлению, поляризации, уменьшать ЭПР цели.

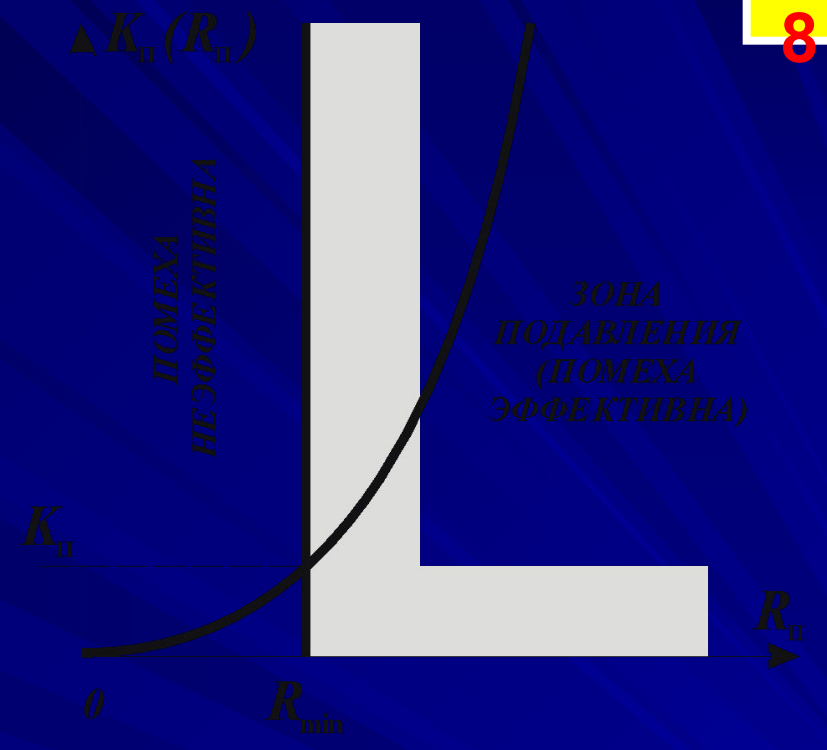


Рис. 4. Зона действия помех

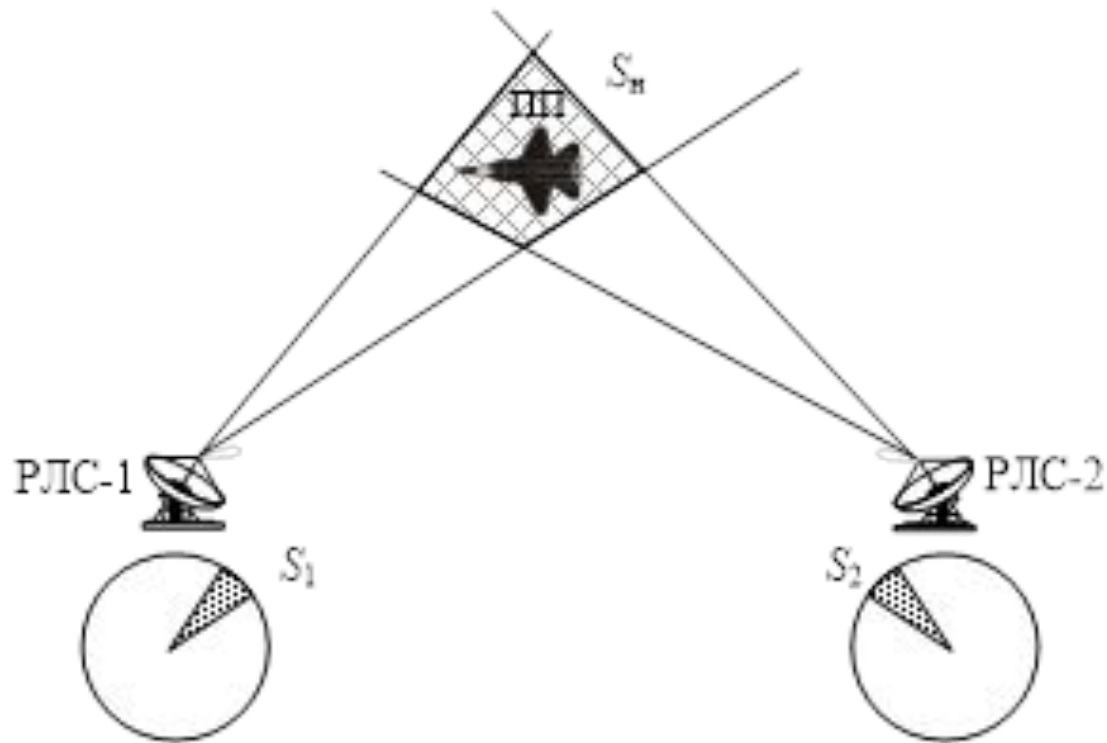


Рис. 6. Область неопределенности, образующаяся вокруг ПП

Зная размеры **областей неопределенности** и характер их изменения во времени, можно:
определять **минимальные дальности подавления**;
находить **безопасные участки маршрута** в зоне ПВО;
производить **расчет нарядов сил и средств РЭП**,
необходимых для подавления данной системы РЛС.

6.3. Основные характеристики и виды помех, применяемых для подавления РЛС обнаружения целей, радиолиний связи и командных радиолиний

ИЗУЧИТЬ
САМОСТОЯТЕЛЬНО

1. **Леньшин А.В.** Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: Учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – С. **170-189.**
2. **Леньшин А.В.** Принципы построения авиационных комплексов радиоэлектронной борьбы. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2011. – С. **193-205.**
3. Авиационные системы радиоэлектронного противодействия / **А.В. Леньшин.** – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2012. – С. **28-41.**

**6.4. Устройства и способы
создания активных помех для
подавления РЛС
обнаружения целей**

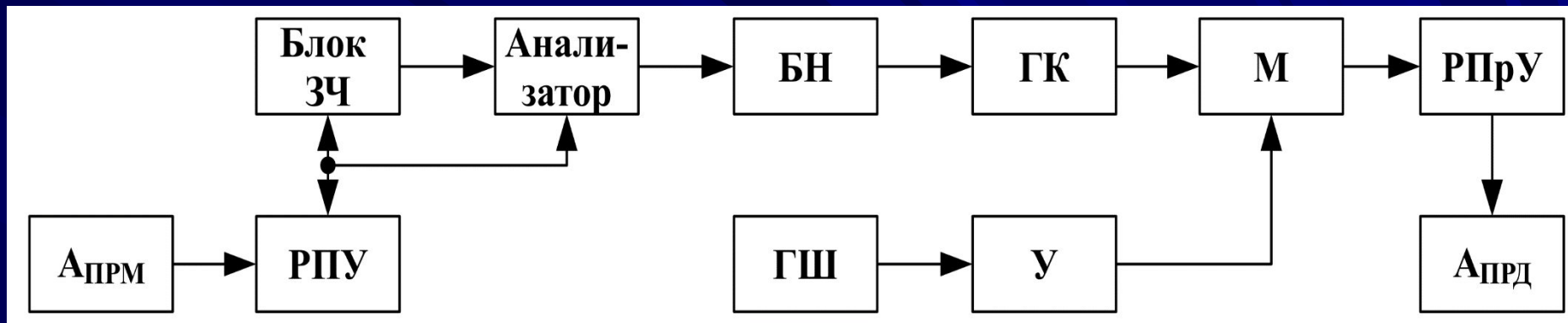
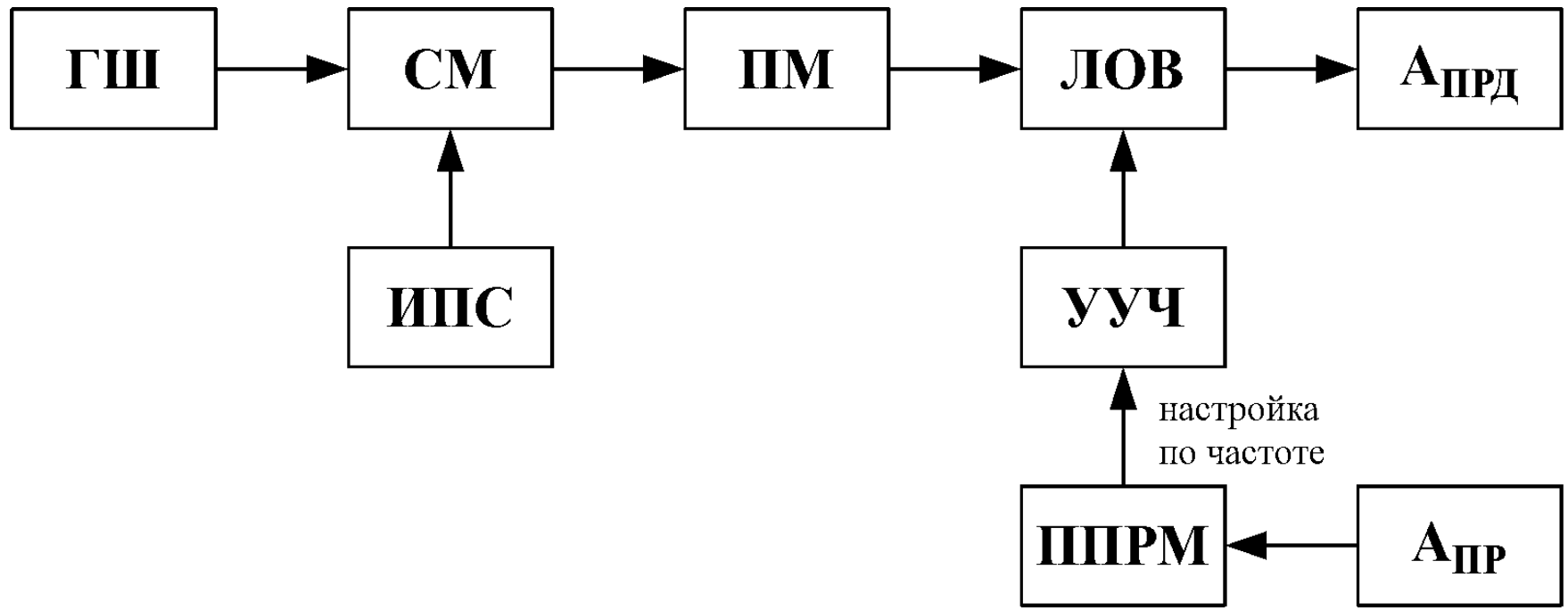


Рис. 7. Структурная схема автоматической станции активных маскирующих помех (БН – блок настройки, ГК – генератор колебаний)

У обычных резисторов (формирующих тепловые шумы) выработанные ими шумовые напряжения имеют ширину спектра **0,2...0,3 ГГц** при равномерной спектральной плотности **$10^{-17} \dots 10^{-16}$ Вт/Гц**.

В пространство излучается более мощная (в 100...1000 раз по сравнению с мощностью ГШ) активная помеха.



СМ – смеситель; **ИПС** – источник периодического сигнала;
ПМ – подмодулятор; **УУЧ** – устройство управления частотой;
ППРМ – панорамный приемник

Рис. 8. Схема передатчика прицельных шумовых помех на ЛОВ

ТАКТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САП ГЗ

- частотный диапазон;
- размеры сектора и зоны подавления;
- минимальная дальность подавления;
- сектора излучения помех;
- время реакции (от обнаружения до создания помех);
- пропускная способность;
- ЭМС с бортовым РЭО;
- эксплуатационная надежность.

Основные технические характеристики САП ГЗ

виды помех и их параметры

коэффициент усиления антенны (КНД антенны)

мощность передатчика помех

масса и габариты

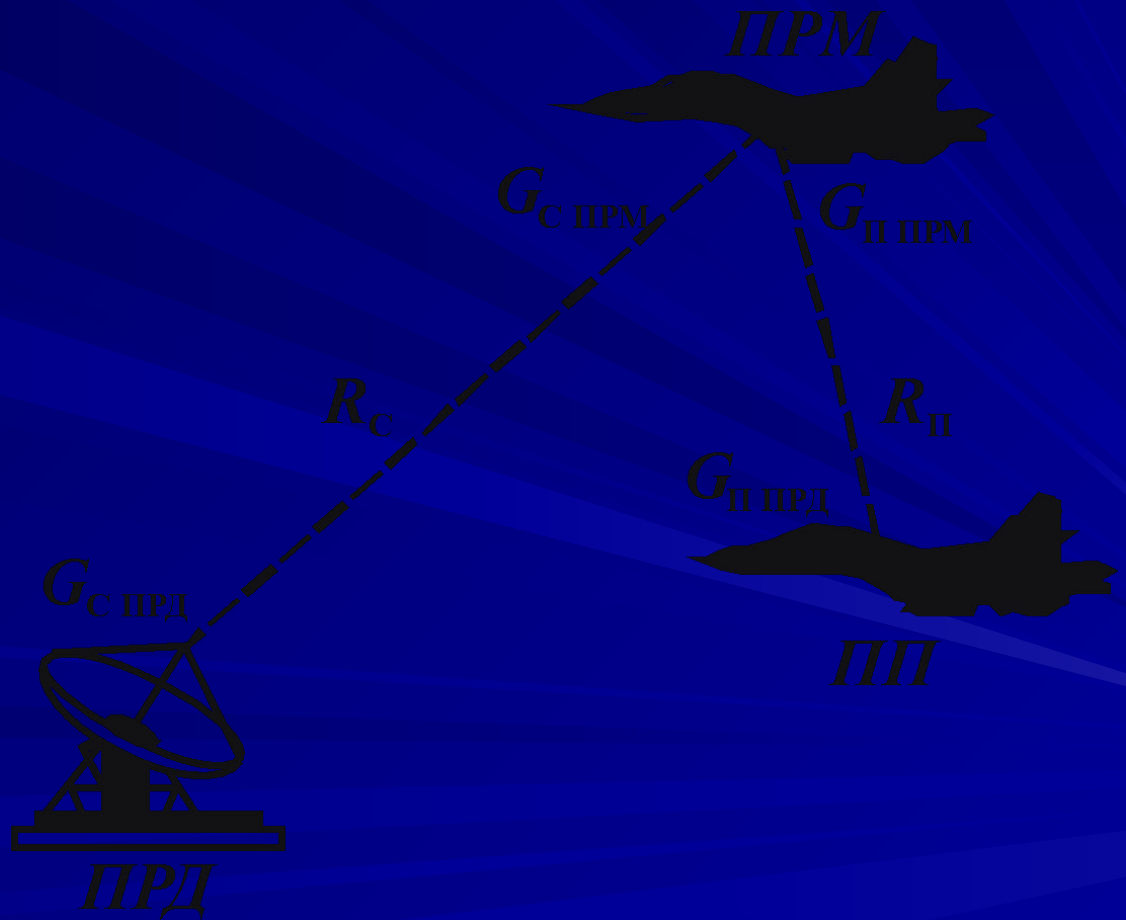
Автоматические САП, кроме того, характеризуются тактическими и техническими параметрами устройств РТР, входящих в их состав

6.5. Энергетические соотношения при подавлении командных радиолиний, линий навигации и СВЯЗИ

В процессе создания помех КРУ, ЛРС и навигации решаются **следующие задачи**:

- 1) дезорганизуется система ПВО противника;
- 2) исключается/затрудняется наведение истребителей и ракет;
- 3) снижается точность навигационных систем.

Рис. 9. Схема создания помех системе передачи информации



Мощность полезного сигнала на входе приемника системы передачи информации

$$P_{\text{СВХ}} = \frac{P_{\text{С}} G_{\text{С прд}} G_{\text{С прм}} \lambda^2}{4\pi R_{\text{С}}^2}$$

$G_{\text{С прд}}$ и $G_{\text{С прм}}$ – коэффициенты усиления антенн передатчика радиосигнала в направлении на приемник и приемной антенны в направлении на радиопередатчик соответственно;

$R_{\text{С}}$ – протяженность трассы распространения сигнала радиолинии передачи информации

Мощность помехи, согласованной по спектру с сигналом подавляемой РЭС, на входе приемника

$$P_{\text{ПВХ}} = \frac{P_{\text{П}} G_{\text{Ппрд}} G_{\text{Ппрм}} \lambda^2 \gamma}{4\pi R_{\text{П}}^2}$$

$G_{\text{Ппрд}}$ и $G_{\text{Ппрм}}$ – коэффициенты усиления антенн ПП в направлении на приемник подавляемой радиолинии и приемной антенны в направлении на ПП; $R_{\text{П}}$ – протяженность трассы распространения помехи; γ – коэффициент, учитывающий различие поляризацій сигнала и помехи.

**Уравнение РЭП
КРУ, линий
радиосвязи и
навигации**

$$K_{\text{П}} = \frac{P_{\text{ПВХ}}}{P_{\text{СВХ}}} = \frac{P_{\text{П}} G_{\text{Ппрд}} G_{\text{Ппрм}} \gamma}{P_{\text{С}} G_{\text{Спрд}} G_{\text{Спрм}}} \frac{R_{\text{С}}^2}{R_{\text{П}}^2}$$

Наименьшая мощность ПП, необходимая для подавления РЭС при известном расположении приемников и передатчиков

$$P_{\text{П min}} = K_{\text{П}} \frac{P_{\text{С}} G_{\text{С прд}} R_{\text{П}}^2}{G_{\text{П прд}} R_{\text{С}}^2 \gamma}$$

При известных характеристиках передающих подсистем подавляемой системы и ПП уравнение РЭП позволяет определить **зоны подавления РЭС**

$$R_{\text{П}} = R_{\text{С}} \sqrt{\frac{P_{\text{П}} G_{\text{П прд}} G_{\text{П прм}} \gamma}{P_{\text{С}} G_{\text{С прд}} G_{\text{С прм}} K_{\text{П}}}} = R_{\text{С}} \sqrt{\beta}$$

При $\beta < 1$ (энергетический потенциал СП невелик),
**зона подавления РЭС – это окружность
радиусом**

$$R = R_{\text{С-П}} \frac{\beta}{1 - \beta^2}$$

$R_{\text{С-П}}$ – расстояние между передатчиками сигнала и помехи.

Центр круговой зоны подавления при $\beta < 1$
смещен на величину $R_{\text{П}}\beta$ по направлению базовой
линии, соединяющей передатчики сигнала и помех
в сторону от передатчика сигнала.

При $\beta > 1$, когда энергетический потенциал СП превосходит мощность передатчика подавляемой РЭС, **зона подавления** занимает всю плоскость, за исключением окружности радиуса

$$R = R_{C-\Pi} \frac{\beta}{\beta^2 - 1}$$

с центром, смещенным относительно точки расположения передатчика подавляемой радиолинии в сторону, противоположную направлению на ПП, на R_{Π} / β

При $\beta = 1$ **граница зоны подавления** будет проходить **посередине** между передатчиками помех и полезного сигнала.

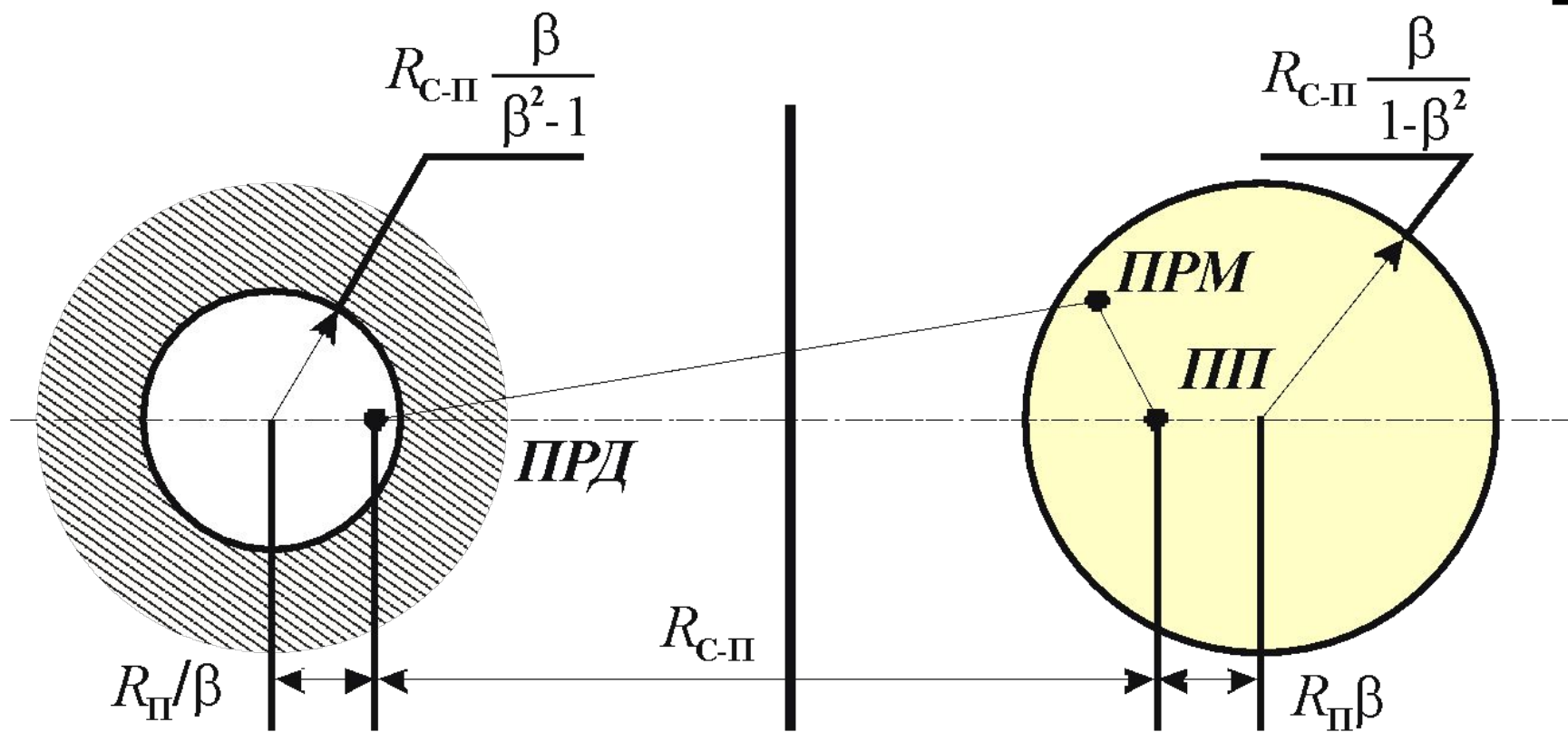


Рис. 10. Зоны подавления радиосигнала передачи информации

Задание на самоподготовку

3
4

1. **Леньшин А.В.** Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: Учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – **С. 157-199.**
2. **Леньшин А.В.** Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. – **С. 181-186, 195-230.**
3. **Леньшин А.В.** Принципы построения авиационных комплексов радиоэлектронной борьбы. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2011. – **С. 179-222.**
4. Радиоэлектронная борьба. Основы теории / **А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов.** – М.: Вузовская книга, 2011. – **С. 143-162, 354-359.**