



БОРТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

Лекция 10



КАФЕДРА
АВИАЦИОННЫХ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
КОМПЛЕКСОВ

Тема 9.
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЕ
ПОДАВЛЕНИЕ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ОРУЖИЕМ

9.1. Общие положения оптико-
электронного подавления

Преимущества ОЭС:

- **высокие точности определения координат и вероятность распознавания цели;**
- **большая пропускная способность, возможность работы сверхкороткими импульсами;**
- **узкие ДН оптических антенн;**
- **массогабаритные показатели.**

Недостатки ОЭС:

- **высокое ослабление оптического излучения в атмосфере, морской воде и специальных аэрозолях;**
- **существенная зависимость работы от погодных условий и времени суток;**
- **большая зависимость коэффициента ослабления оптических сигналов в атмосфере от длины волны;**
- **подверженность влиянию активных помех.**

В авиации используются **ОЭС**

- **телевизионные обзорно-прицельные системы;**
- **лазерные дальномеры;**
- **лазерные, телевизионные и тепловизионные системы наведения и самонаведения оружия класса «воздух-поверхность»;**
- **теплопеленгаторы;**
- **лазерные, телевизионные и тепловизионные системы воздушной разведки;**
- **лазерные и ОЭС подавления;**
- **лазерные высотомеры;**
- **лазерные и телевизионные системы посадки;**
- **телевизионные УУ взлетом и посадкой вертолетов;**
- **лазерные и телевизионные системы отображения.**

Области спектра	Длина волны
ИК излучение: длинноволновое средневолновое коротковолновое	100...15 мкм 15...1,5 мкм 1,5...0,76 мкм
Видимое излучение: красное оранжевое желтое зеленое голубое синее фиолетовое	760...620 нм 620...590 нм 590...560 нм 560...500 нм 500...480 нм 480...450 нм 450...380 нм
УФ излучение	380...5 нм
Рентгеновское излучение	5...0,01 нм
Гамма-излучение	менее 0,01 нм

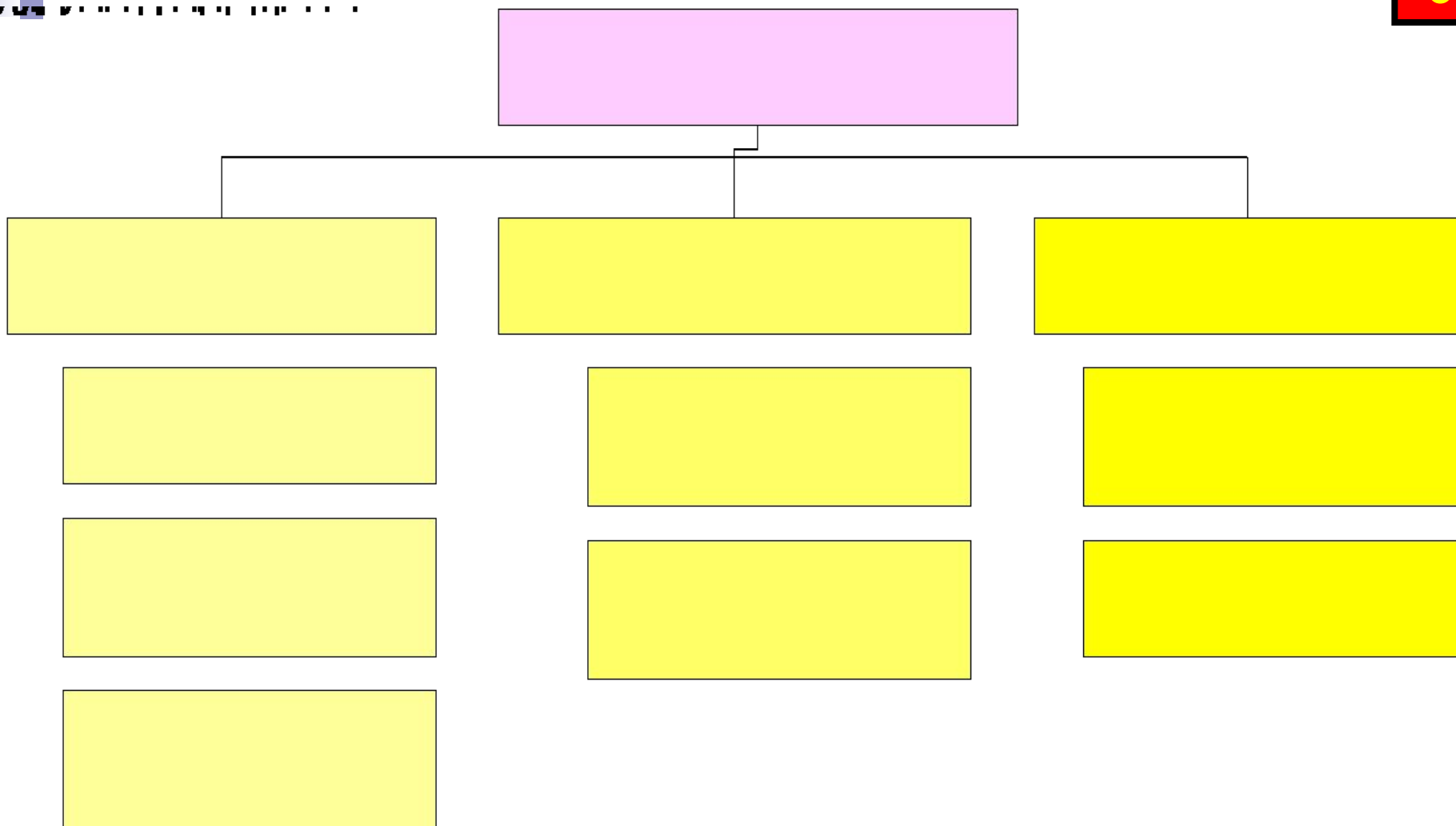


Рис. 1. Классификация систем наведения высокоточных средств поражения по способу использования информации от ОЭС

ОЭП может быть **достигнуто**:

- **1) созданием оптических помех** (активные и пассивные помехи, ЛЦ, тепловые ловушки)
- **2) изменением электрических свойств распространения оптического излучения** (ионизация пространства, создание поглощающих и рассеивающих сред);
- **3) изменением рассеивающих и излучательных свойств объекта** (уменьшение излучательной способности нагретых поверхностей объекта, уменьшение ЭПР, оптическая маскировка).

- 1) инфракрасное (тепловое) подавление
- 2) телевизионное подавление
- 3) лазерное подавление
- 4) визуально-оптическое подавление

Виды ОЭП

Преимущества лазерных средств и систем

- высокая пространственно-временная когерентность излучения (узкие ДНА, единицы миллирадиана) и отсутствие БЛ
- высокая пиковая мощность излучения (МВт)
- высокая разрешающая способность и точность измерения угловых координат
- высокие точности измерения D и радиальной скорости целей (излучение наносек-импульсов).

Слабые стороны лазерных средств

1

Дальность действия зависит от свойств среды, наибольшее влияние оказывают метеоусловия

3

Трудность создания лазеров с перестройкой по частоте

2

Относительно невысокий КПД лазеров

4

Приемные устройства лазерных излучений уязвимы от внешних помех

Методы лазерного подавления

1

**создание активных помех,
засвечивающих приемники лазерных
излучений**

2

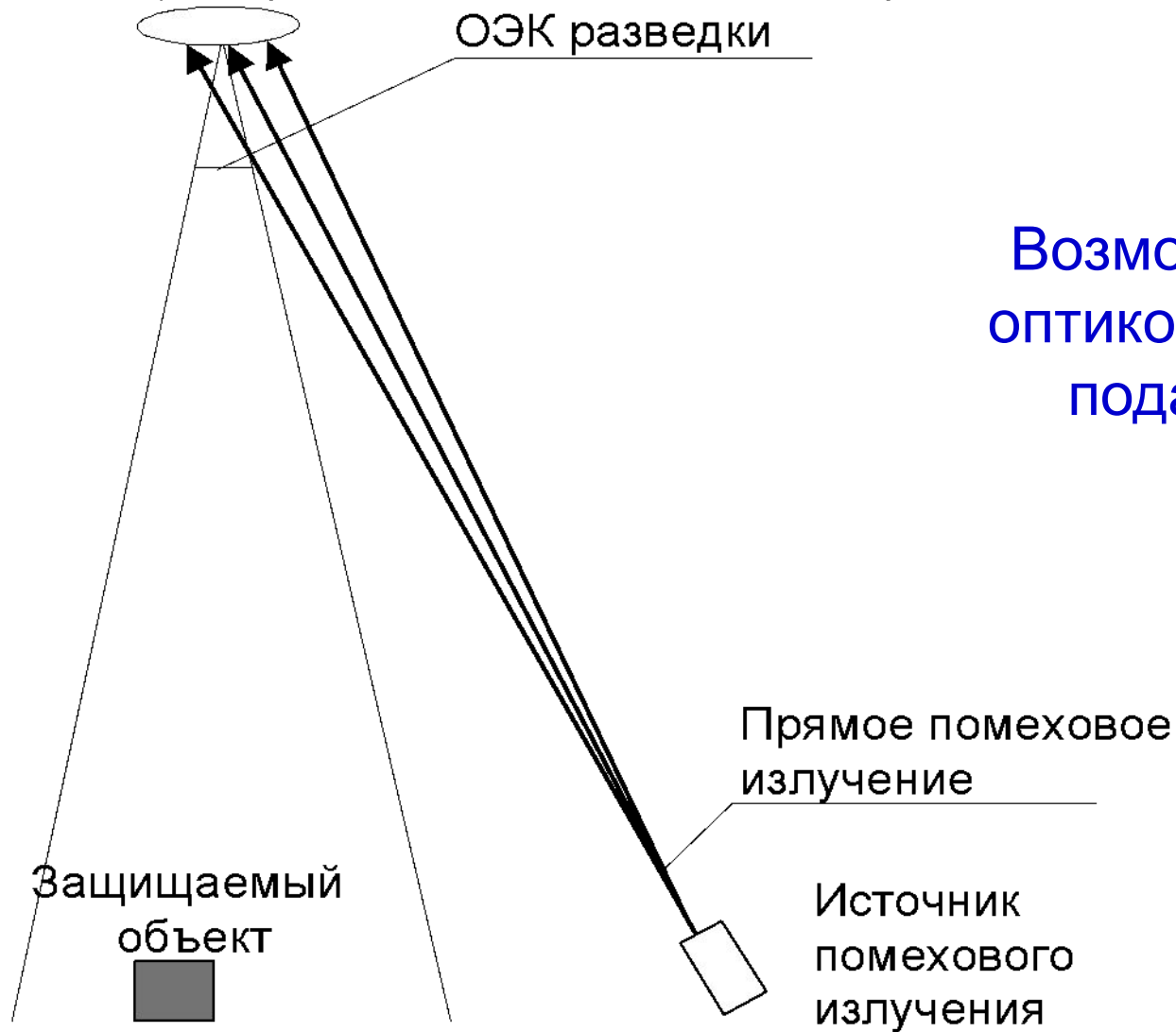
**маскирование полезных сигналов при
помощи различных аэрозольных
образований**

3

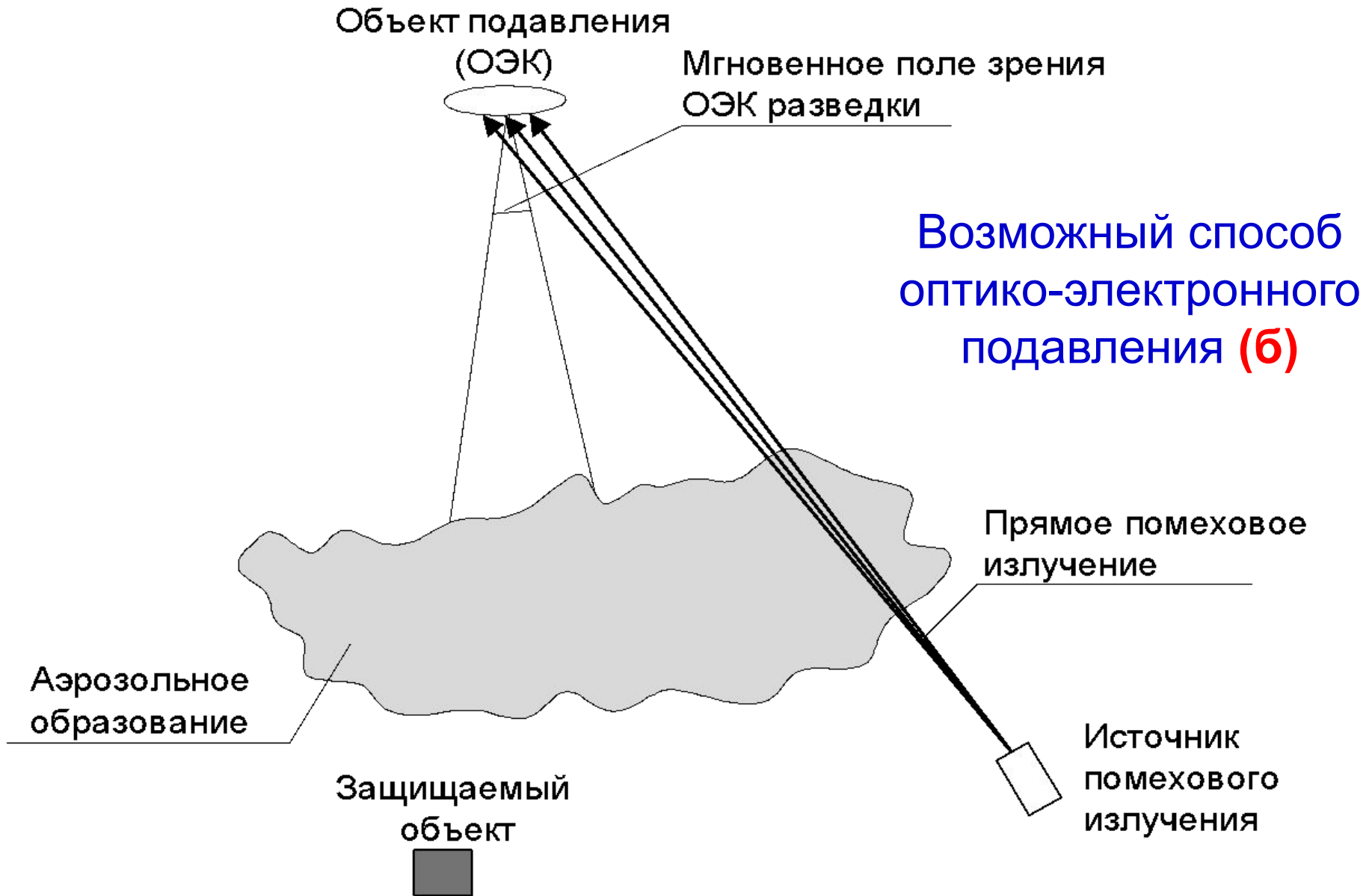
**формирование ложных источников
лазерного излучения**

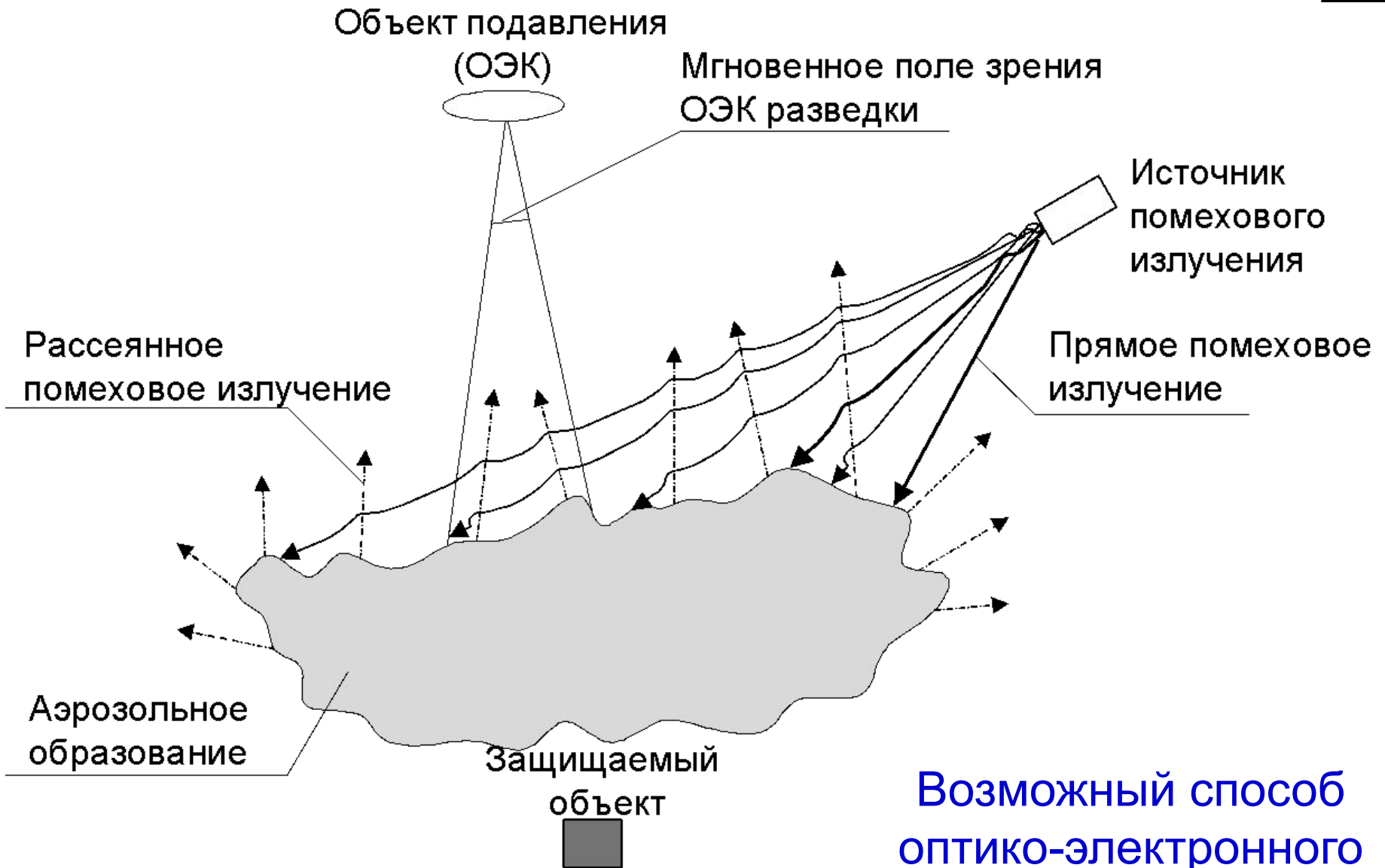
Объект подавления
(ОЭК)

Мгновенное поле зрения
ОЭК разведки



Возможный способ
оптико-электронного
подавления (а)





Возможный способ
оптико-электронного
подавления (В)

Объект подавления

(ОЭК)

Мгновенное поле зрения

ОЭК разведки

Возможный способ оптико-электронного подавления (г)

Рассеянное
помеховое излучение

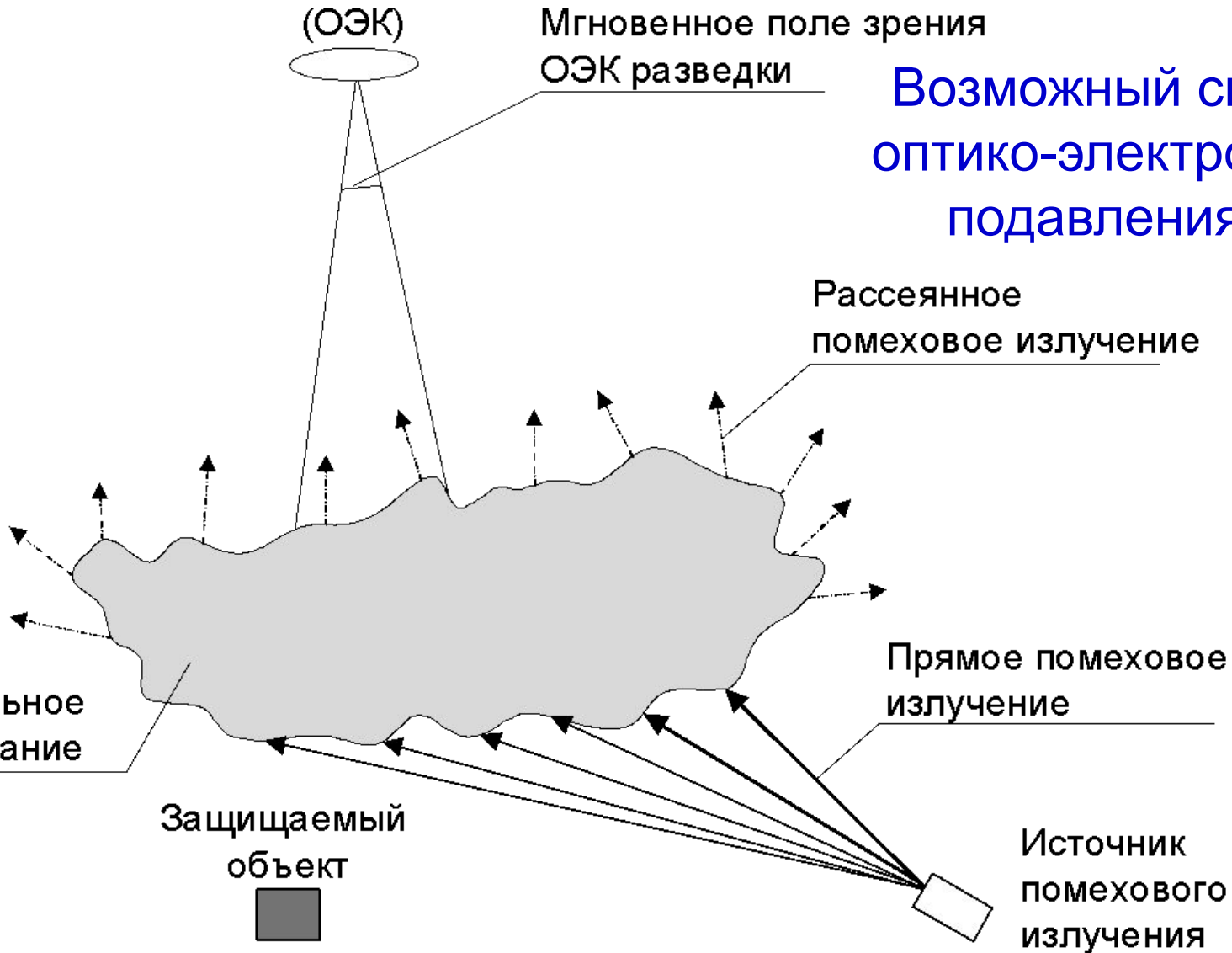
Прямое помеховое
излучение

Аэрозольное
образование

Защищаемый
объект



Источник
помехового
излучения



9.2. Классификация преднамеренных оптических помех

По реализуемому при действии на ОЭС эффекту:

- **маскирующие** (изменяют форму корреляционного отклика (уменьшается относительный максимум), кривизну либо объем его главного типа), но не претендуют на изменение положения максимума главного пика);
- **имитирующие** (сдвигающие положение максимума главного пика корреляционного отклика либо приводящие к появлению многопиковости этого отклика);
- **возмущающие**;
- **ослепляющие** (излучение приводит к обратимым изменениям (к засветке) характеристик фотоПРУ, исчезающим через некоторое время после прекращения действия помехи);
- **поражающие** (изменения фотоПРУ необратимы – прожиг фоточувствительного слоя, разрушения фотокатода).

По способу взаимодействия с полезным сигналом – **аддитивные**, **мультипликативные** и **апликативные** помехи.

По степени соответствия характеристикам подавляемого ОЭС – **заградительные** и **прицельные** (по направлению, времени создания, спектральному диапазону, закону модуляции) помехи.

Точечные помехи (одноточечные, двухточечные, многоточечные) создаются из области пространства, не выходящей за пределы одного элемента пространственного разрешения фотоПРУ ОЭС (станции когерентных (лазерных) помех).

Пространственно-протяженные помехи создаются из области пространства, занимающей несколько элементов пространственного разрешения фотоПРУ (аэрозольные завесы).

- По ресурсному признаку средства создания оптических помех подразделяются на **расходуемые** и **нерасходуемые**
- По энергетическому признаку – на **активные** (имеющие собственное помеховое излучение), **пассивные** (не имеющие собственного помехового излучения и создающие помеховый эффект только за счет рассеяния, ослабления, переотражения и других излучений), **активно-пассивные**.

9.3. Законы излучения абсолютно черного тела и реальных тел

Изучить самостоятельно

- 1. **Леньшин А.В.** Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – **С. 311-314.**

9.4. Основные источники оптического излучения ЛА

Основным источником излучения ЛА являются нагретые детали и газовая струя двигателя, обшивка планера.

Собственное излучение обшивки планера ЛА определяется в основном аэродинамическим нагревом.

В зависимости от **конструктивных особенностей двигателя, принципа его работы, высоты полета ЛА** меняется и **сила его излучения**.

Основные источники оптического излучения поршневых самолетных двигателей



Мощность оптического излучения, кроме T , зависит от формы, размеров и излучательной способности их поверхностей, от их размещения и экранировки на ЛА. Окисленная при нагревании поверхность жаропрочной листовой стали патрубков имеет **излучательную способность** $\varepsilon = 0,8...0,9$.

Доля излучения патрубков в общем балансе излучения ЛА с поршневыми двигателями – **55...65 %**.

Излучение турбореактивных двигателей

1

детали двигателя, нагретые до высокой температуры

2

спутная струя

Температура выхлопных газов (ТВГ) является важнейшей характеристикой двигателя и выводится на приборную доску.

При **длительном полете** ТВГ – 800...900 К, $\varepsilon \approx 0,9$
при полете **с малой скоростью** ТВГ – 600...700 К.

Доля излучения спутной струи в общем балансе излучения ТРД существенно зависит от режима работы двигателя и скорости полета ЛА (на дозвуковых скоростях полета ЛА эта доля составляет **20...25 %**).

Спектр излучения имеет два ярко выраженных **максимума** на $\lambda \approx 2,7$ мкм и $\lambda \approx 4,3$ мкм, спектральная плотность излучения на $\lambda \approx 4,3$ мкм в зависимости от вида топлива в **2,5...10 раз** выше, чем при $\lambda \approx 2,7$ мкм.

r , отн. ед.

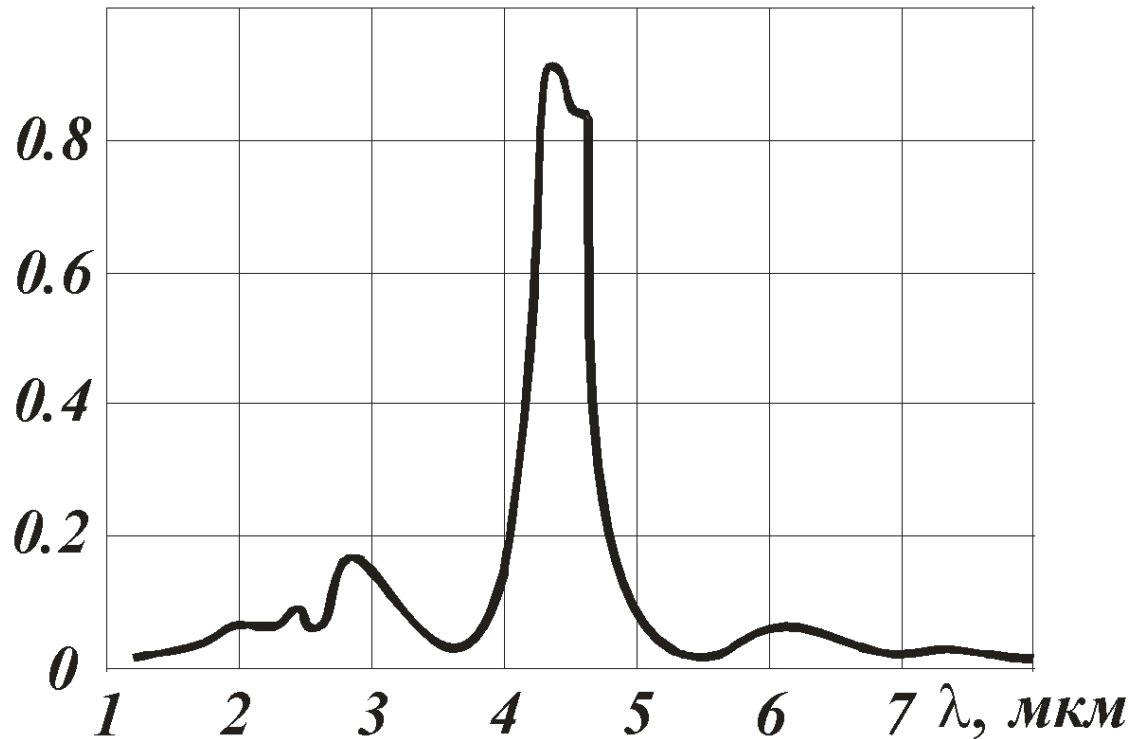
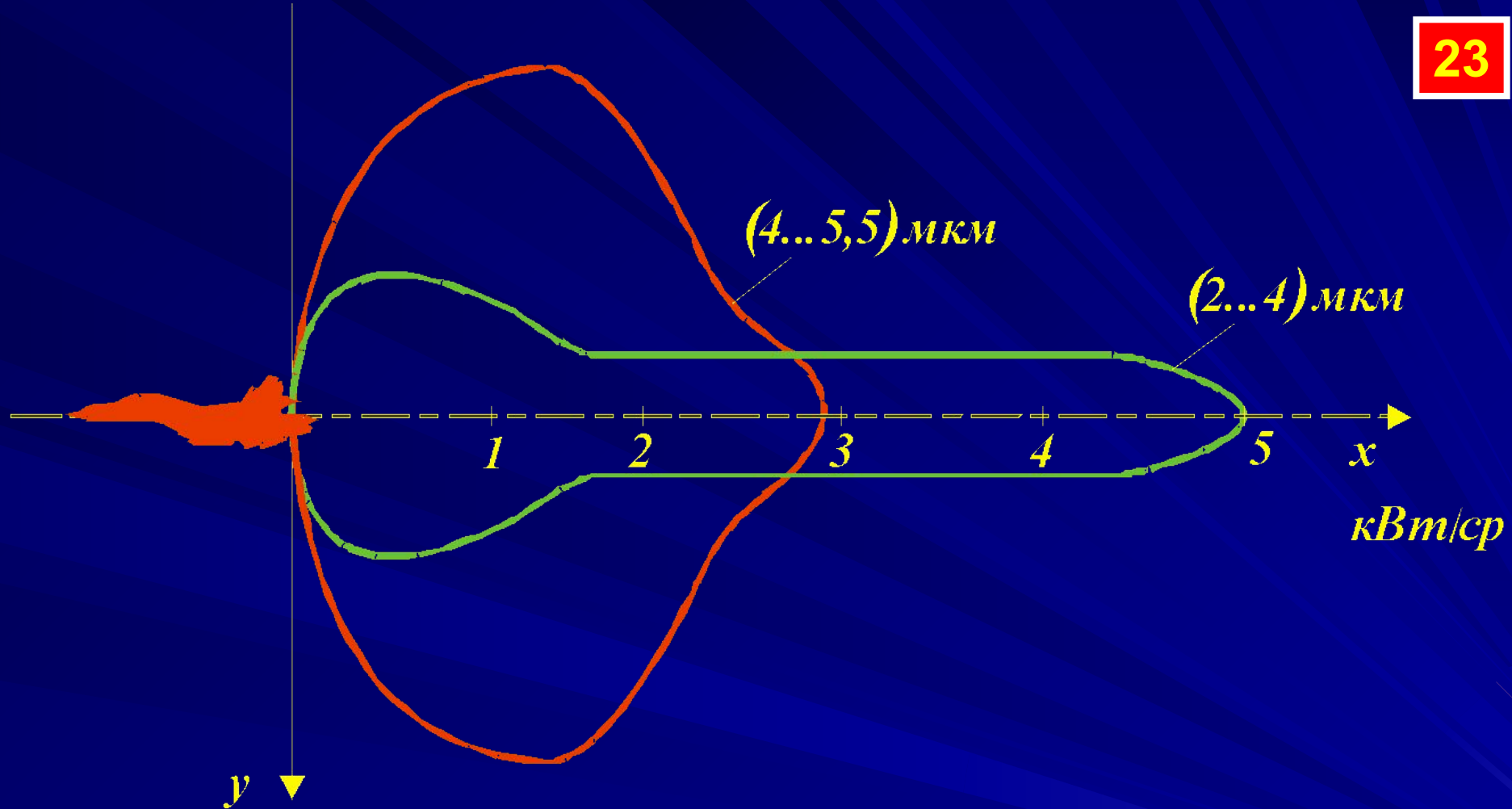


Рис. 2. Спектральная плотность излучения факела ТРД



Распределение энергетической силы излучения ЛА в пространстве задается **индикатрисой**, представляющей собой кривую, соединяющую концы векторов энергетической силы излучения различных точек поверхности излучателя в нормальном направлении.

Излучение ЛА вследствие аэродинамического нагрева

Поток газа в пограничном слое может быть **ламинарным** и **турбулентным**. При движении объектов в атмосфере с достаточно большими скоростями излучение этих объектов из-за нагрева становится достаточным для использования его в ИК приборах. Наиболее нагретыми являются те части ЛА, где поток воздуха резко тормозится. Температура этих точек поверхности ЛА

называется

температурой торможения

$$T_m = T_0 \cdot \left(1 + r \cdot \frac{\gamma - 1}{2} \cdot M^2 \right)$$

T_0 – температура окружающего воздуха; r – коэффициент восстановления, зависящий от условий в пограничном слое; $\gamma = 1,4$ – показатель адиабаты; M – число Маха.

Для инженерных расчетов

$$T_m \approx T_0 \cdot (1 + 0,2 \cdot M^2)$$

**9.5. Классификация
и характеристики
оптико-электронных систем
управления оружием.
Средства ОЭП**

Оптико-электронные системы

1

видимого диапазона (оптические прицелы, телевизионные прицелы и визиры, телевизионные ГСН)

2

инфракрасного диапазона (ТГС, тепlopеленгаторы, тепловизионные головки самонаведения)

3

лазерные устройства (лазерные локаторы, дальномеры, системы подсвета целей)

В оптическом диапазоне необходимо учитывать собственное **излучение двигателей и обшивки ЛА**, излучение **струи выхлопных газов (факела)**, отраженное **излучение Солнца**, а также положительный или отрицательный **контраст с фоном**.

При ведении РЭБ

ОЭС противника разделяются на

1 **ОЭС управления оружием** (системы наведения ракет «земля-воздух» и «воздух-воздух»; оптические, ИК, телевизионные прицелы; лазерные системы наведения)

2 **информационно-обзорные ОЭС (ОЭС слежения)**

3 **ОЭС разведки**

Способы решения задач ОЭП

- **1) уменьшение информации об объекте** (снижение уровня энергии излучения в оптическом диапазоне спектра);
- **2) смещение точки наведения УР от объекта самонаведения** (использование дополнительных источников излучения для срыва процесса самонаведения или существенного увеличения ошибки аппаратуры управления УР) с помощью ИК-ловушек или ЛЦ;
- **3) поражение основных элементов ОЭС** (использование штатных или специальных лазерных средств).

1. Некогерентные средства ОЭП

1

Тепловые ловушки (ТЛ), воздействие излучения которых на следящие ОЭС приводит к их перенацеливанию

2

**Станции активных некогерентных помех
- модулированные источники излучения, выполненные на основе электронагревательных элементов или газоразрядных ламп («Липа»)**

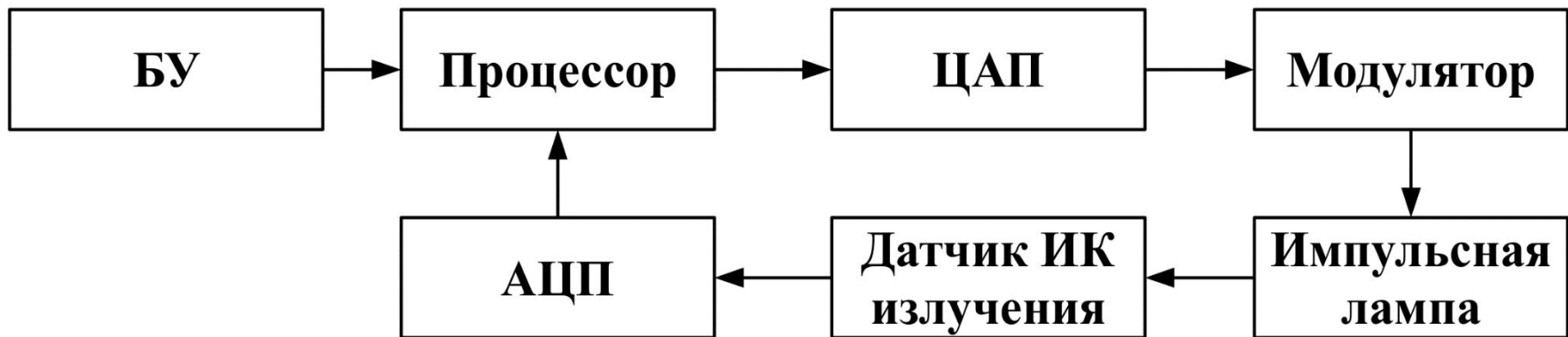


Рис. 7. Схема станции постановки модулированных помех ОЭС

Основные недостатки некогерентных источников помех:

- сложность получения высокого индекса модуляции
- сложность получения требуемого пикового превышения помеха/сигнал в полосе пропускания АСН.

2. Когерентные средства ОЭП

1

**Непрерывные лазеры
с модуляцией излучения**

2

**Импульсные лазеры, воздействующие
на нелинейные элементы электронных
схем ОЭС**

3

**Мощные лазерные источники,
излучение которых приводит к
разрушению оптических
элементов ОЭС**

3. Пассивные средства ОЭП

1

устройства по снижению заметности ЛА

2

устройства создания аэрозольных маскирующих образований

Аэрозоль – взвесь в воздухе мелких твердых частиц, имеющих форму шара, или изометрических (имеющих близкие размеры по трем измерения), пластинчатых или волоконных.

Аэрозолеобразующий состав

- фосфорный** (белый и красный фосфор),
- металлохлоридный** (порошок Al, окислы Fe, Zn, гексахлоретан C_2Cl_6),
- антраценовый** (антрацен $C_{14}H_{10}$, хлористый аммоний и бертолетова соль),
- нефтепродукты** (солярное масло, дизельное топливо).

Два основных физических явления, которые м.б. использованы для затухания ЭМ энергии в воздухе:

- **рассеяние энергии** молекулами газов, твердыми и жидкими частицами;
- **поглощение энергии** молекулами газов и частицами

Пассивные методы противодействия ИК-приборам

1 меры по снижению теплового излучения целей

2 меры по изменению индикатрисы излучения за счет совершенствования форм и конструкций ЛА

3 применение специальных материалов и покрытий, снижающих контраст элементов поверхности самолета (вертолета)

Задание на самоподготовку

1. **Леньшин А.В.** Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: Учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – **С. 305-339.**
2. **Леньшин А.В.** Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. – **С. 367-389.**
3. **Леньшин А.В., Лебедев В.В.** Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы [Электронный ресурс]: **электронный учебник** (85,0 Мб). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 1 CD-ROM. – Инв. 1617.
4. **Леньшин А.В., Зибров Г.В., Виноградов А.Д.** Бортовые комплексы обороны воздушных судов: учебное пособие / Под ред. А.В. Леньшина. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2013. – **С. 90-105.**