

«Военно-техническая подготовка»

ТЕМА №2.

Основы построения ЗРС

ЗАНЯТИЕ № 5. Методы наведения ЗУР

Литература

1. Курс лекций «Основы построения зенитных ракетных систем». Часть 2. Н.Новгород: ННГУ, 2001. Инв. 290.
2. Неупокоев Ф.К. «Стрельба зенитными ракетами». – Москва: Воениздат, 1991 г.

Вопросы занятия

1. Понятие о методах наведения ЗУР, основные требования, предъявляемые к ним
2. Метод пропорционального сближения

1. Понятие о методах наведения ЗУР, основные требования, предъявляемые к ним

Для вывода ракеты в точку встречи с целью выбирается метод наведения.

Под **методом наведения** понимают **закон согласования движения ракеты с известным законом движения цели**, обеспечивающий теоретически точное попадание ракеты в цель.

Он определяет:

- характер траектории ракеты;
- объем требуемой для наведения информации о цели и ракете;
- структуру системы управления.

Проектирование любого ЗРК начинается с выбора метода наведения.

Метод наведения математически задается уравнением связи. Траектория ракеты, определяемая этим уравнением называется **кинематической**. Характер кинематической траектории определяется при кинематических исследованиях в предположении, что ракета и цель точечные объекты, а траектория цели известна.

К методу наведения предъявляются следующие требования:

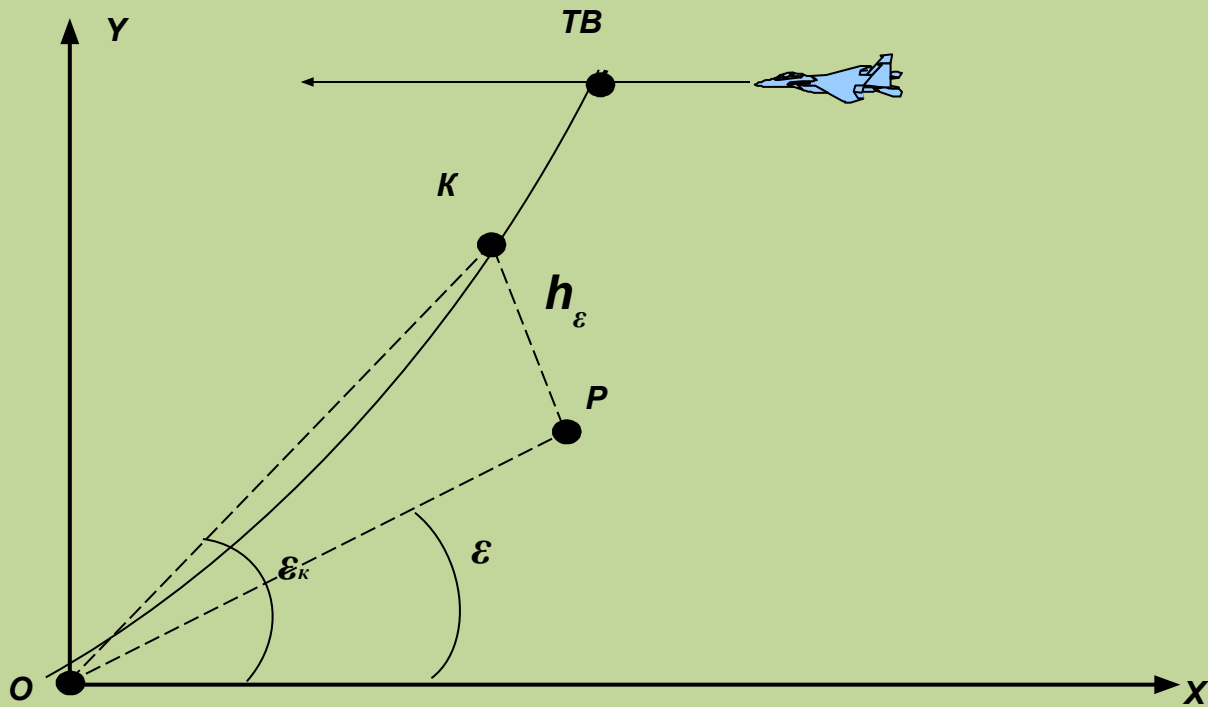
- кривизна кинематической траектории должна быть минимальна (чем выше кривизна, тем больше динамические ошибки наведения и больше время полета ЗУР);
- метод наведения должен быть помехоустойчивым, т.е. функционировать при активном РЭП (наименее помехоустойчив канал измерения Д, поэтому следует выбрать метод наведения не требующий ее измерения);
- метод должен обеспечивать наведение ракеты на цель во всех возможных условиях ее боевого применения, в т.ч при маневре цели и ее полете на малых и предельно малых высотах;
- метод должен обеспечивать простоту его технической реализации.

В зависимости от выбранного метода для заданной траектории цели формируется кинематическая траектория ракеты, однако под воздействием различных факторов ракета с нее сходит. Мера нарушения связей, наложенных на закон движения ЗУР методом наведения называется **параметром рассогласования**

$$\Delta(t) = A(t) - B(t),$$

где $A(t)$ и $B(t)$ заданный и фактический закон движения ракеты.

Наилучшим считается метод наведения при котором:
траектория ЗУР имеет наименьшую кривизну;
приборная реализация проста;
обеспечивается максимальная дальность стрельбы при требуемой точности.



В зависимости от условий, налагаемых на траекторию ЗУР методом наведения в каждый момент времени различают **двухточечные** и **трехточечные методы наведения**.

Двухточечным называется метод, при котором параметр рассогласования определяется положением в пространстве **двух точек – ракеты и цели**. Эти методы применяются в системах самонаведения и телеуправления 2 вида.

К ним относятся:

- метод прямого наведения;
- метод погони;
- метод параллельного сближения;
- метод пропорционального сближения.

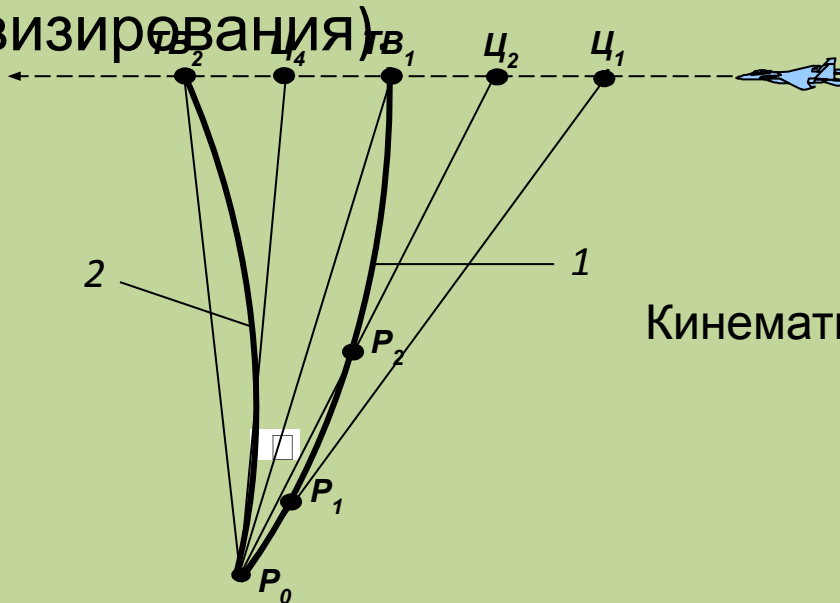
Например, **метод прямого наведения** требует в процессе полета ЗУР выполнения условия – продольная ось ракеты постоянно направлена на цель (т.е. угол тангажа должен быть равен углу наклона линии ракета –

Трехточечным называется метод наведения требующий определять взаимное положение в пространстве трех точек – пункт наведения, ракета и цель.

К ним относятся:

- метод трех точек;
- методы упреждения.

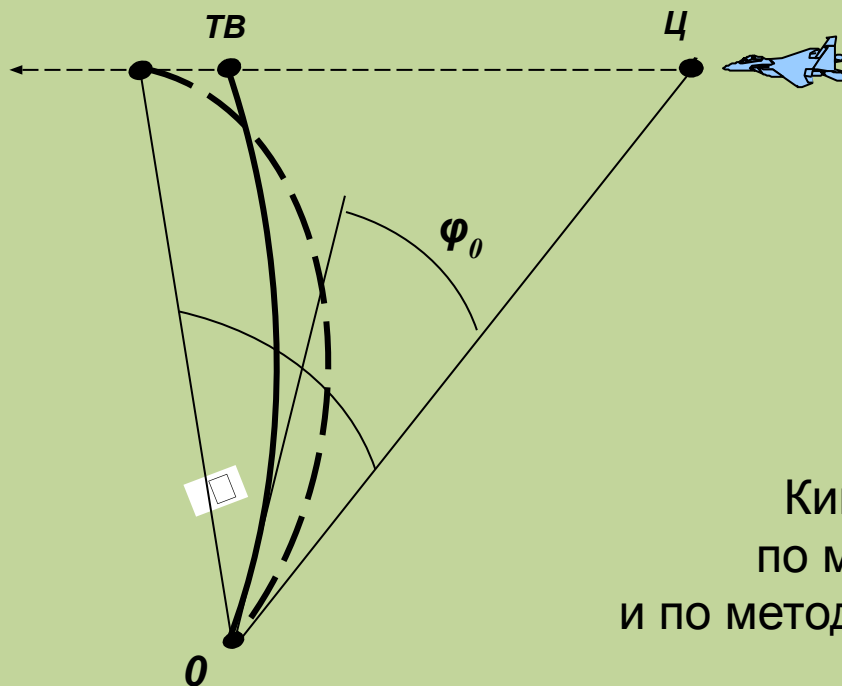
Например, **метод трех точек** требует такого движения ракеты, при котором в любой момент времени ЗУР находится на линии пункт наведения – цель (на линии визирования)



Кинематические траектории по методу трех точек

$$\left(\frac{V_{P_1}}{V_{Ц}} > \frac{V_{P_2}}{V_{Ц}} \right)$$

Методом упреждения называется метод, при котором текущая точка кинематической траектории K опережает (упреждает) линию «пункт наведения-цель» на некоторый угол ϕ_0 .



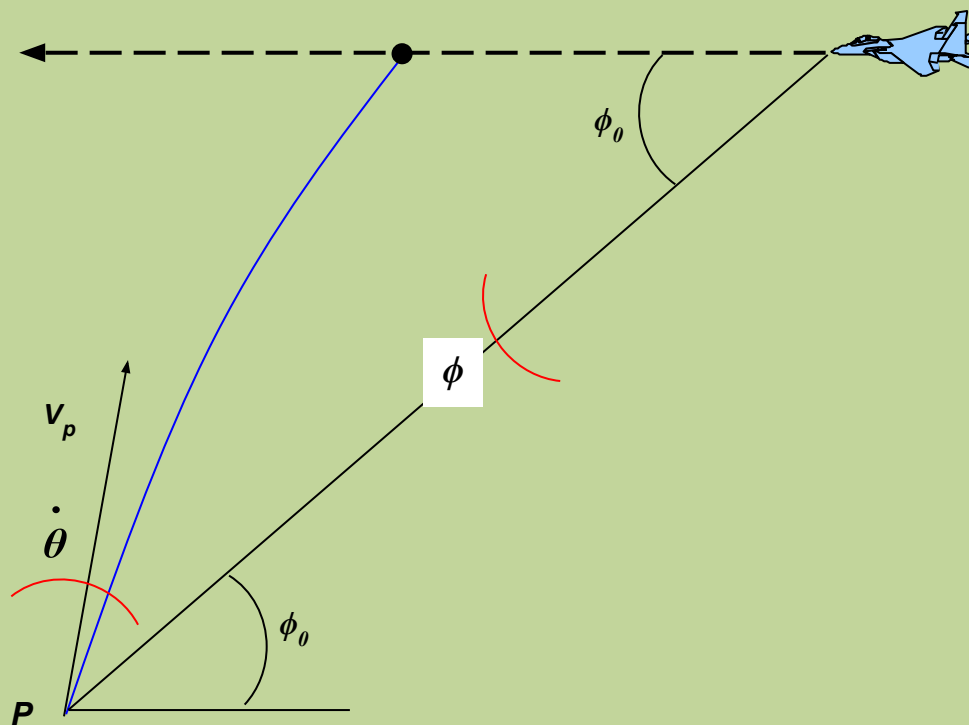
Кинематические траектории
по методу трех точек (пунктир)
и по методу упреждения (сплошная линия)

2. Метод пропорционального сближения

Методом пропорционального сближения называется метод наведения, при котором в течение всего времени полета ракеты к цели угловая скорость поворота вектора скорости ракеты остается пропорциональной угловой скорости линии ракета – цель

$$\dot{\Theta} = k \dot{\phi} .$$

Для реализации метода пропорционального сближения необходимо в каждый момент времени измерять **угловую скорость линии ракета – цель** и сравнивать ее с **угловой скоростью вращения вектора скорости ракеты**.



Метод пропорционального сближения

Ошибка наведения определится как разность :

$$\Delta_{\varphi} = k\varphi - \Theta$$

Возможны и другие способы приближенной реализации метода пропорционального сближения. Автопилот ракеты в установившемся режиме полета обычно обеспечивает пропорциональность команд управления нормальным ускорениям ракеты (угловой скорости касательной к траектории, т.е. Θ). Если команду управления сформировать пропорциональной угловой скорости линии ракета-цель, т.е. за параметр управления принять φ , то, в конечном счете, будет достигнута пропорциональность угловых скоростей вектора скорости ракеты и линии ракета-цель.

При этом, применение метода пропорционального сближения в принципе становится возможным не только в системах самонаведения (телеуправления второго вида), но и в командных системах телеуправления первого вида.

Очевидно, универсализация метода наведения ЗУР на цель для систем телеуправления и самонаведения сама по себе решает задачу сопряжения требуемых траекторий ракеты при их последовательной комбинации.

В теории пропорциональной навигации доказывается, что параметры траектории полета ЗУР и ее потребные нормальные ускорения в районе точки встречи зависят от начальных условий старта ракеты и величины коэффициента пропорциональности k .

Пределы измерения угла ϕ , а следовательно, и кривизна траектории тем меньше, чем больше коэффициент пропорциональности.

Кинематические перегрузки ракеты в районе точки встречи стремятся к нулю. Метод пропорционального сближения обеспечивает возможность обстрела цели навстречу и вдогон. Причем с точки зрения кривизны траектории и получения кинематически точной встречи условия стрельбы вдогон более благоприятны, чем