

Тема №2 Зенитная управляемая ракета 9М39.

**Занятие №4 Методы
наведения ЗУР на цель.**

Вопросы занятия:

1-ый вопрос: Основные требования, предъявляемые к методам наведения.

2-ой вопрос: Метод трёх точек.

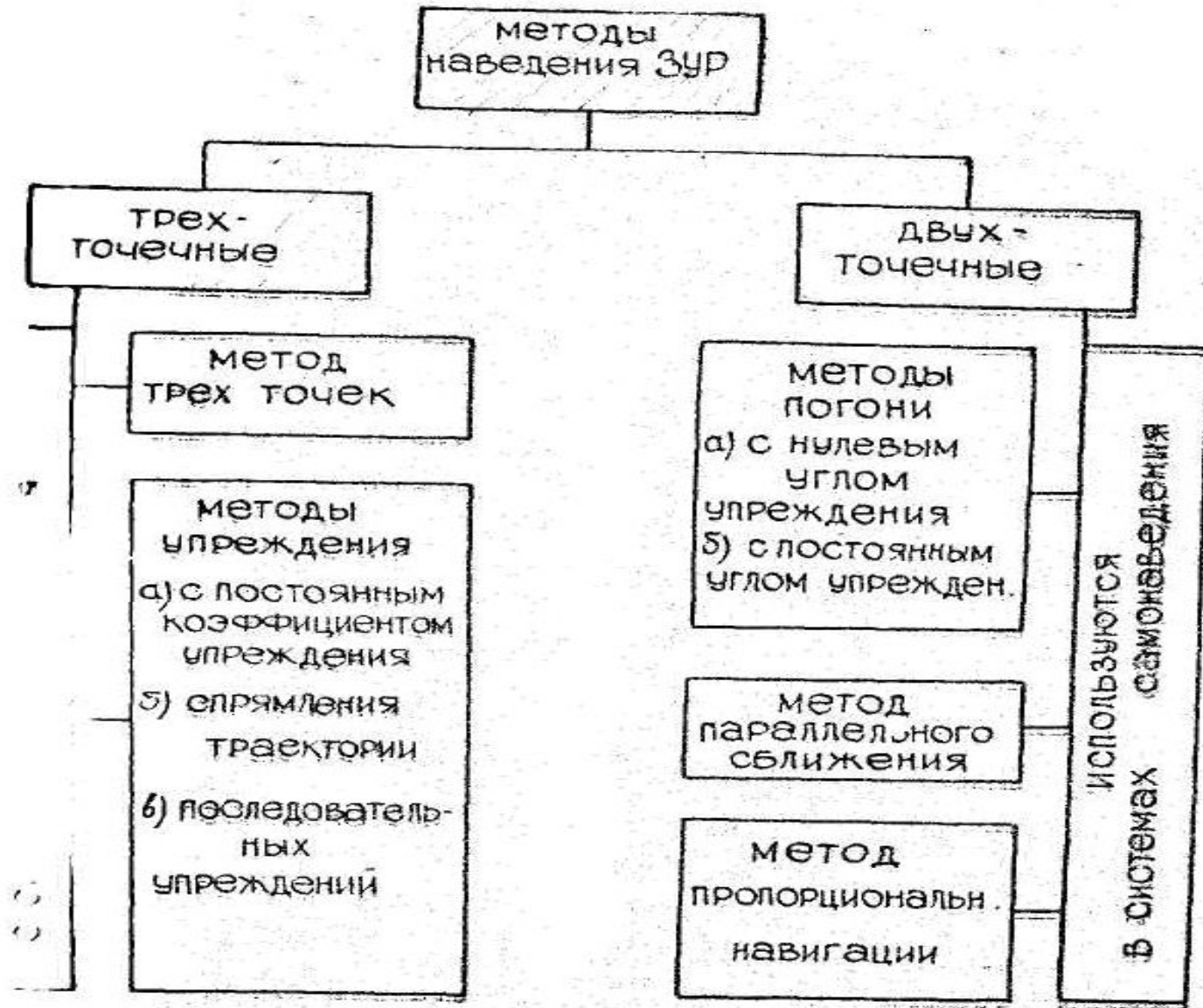
1-ый вопрос: Основные требования, предъявляемые к методам наведения.

Методом наведения называют закон сближения ракеты с целью.

Методы наведения подразделяются на две группы: трехточечные, определяющие взаимное положение трех точек - пункта управления, ракета и цели; двухточечные, определяющие взаимное положение двух точек - ракеты и цели.

Трехточечные методы используются в системах телеуправления, а двухточечные - в системах самонаведения. Метод наведения ракеты на цель определяет кинематическую траекторию полёта ракеты.

Классификация методов наведения



Метод наведения должен удовлетворять основным требованиям:

1. Кинематическая траектория метода должна иметь минимальную кривизну на всех участках полета, особенно в точке встречи и проходить через цель;
2. Метод наведения должен обеспечивать встречу ракеты с целью во всем заданном диапазоне параметров ее движения;
3. Метод наведения должен допускать простейшую реализацию всех устройств, входящих в систему управления полетом.

1. Кривизна кинематической траектории определяет требуемые перегрузки или требуемые нормальные ускорения, т.е. ускорения, которые должна развивать ракета для полета по этой траектории. Любая ЗУР имеет ограниченную маневренность, может развивать нормальные ускорения, только в некотором диапазоне, т.е. способна осуществлять полет к цели, по траектории ограниченной кривизны. В заданных условиях полета и при заданной скорости минимальный радиус кривизны траектории, который способна осуществлять ракета, определяется величиной нормальных располагаемых ускорений. Для наведения ракеты на цель с допустимыми ошибками необходимо, чтобы на протяжении всей траектории полета ракеты выполнялось условие $|W_{расп}| \geq |W_{тр}| + |W_{зап}|$, где $W_{расп}$ – располагаемое ускорение, $W_{тр}$ – нормальное располагаемое ускорение, или при переходе от ускорений к перегрузкам: $P_{расп} > P_{тр} + P_{зап}$. Невыполнение данного условия может привести к увеличению ошибок наведения и снижению требуемой вероятности поражения цели, а в отдельных случаях, к срыву наведения ракеты на цель.

Кинематическая траектория метода наведения определяет требования к маневренности ракеты, а при заданной маневренности - диапазон координат и параметров движения цели, при котором возможна встреча с целью. Повышение требований к маневренности ракеты приводит к возрастанию ее веса, габаритов и к усложнению ее конструкции. Ограничение маневренности ракеты приводит к ограничению зоны поражения комплекса по перегрузкам. Все это свидетельствует о том, что требование уменьшения кривизны кинематической траектории - одно из существенных требований к методу наведения.

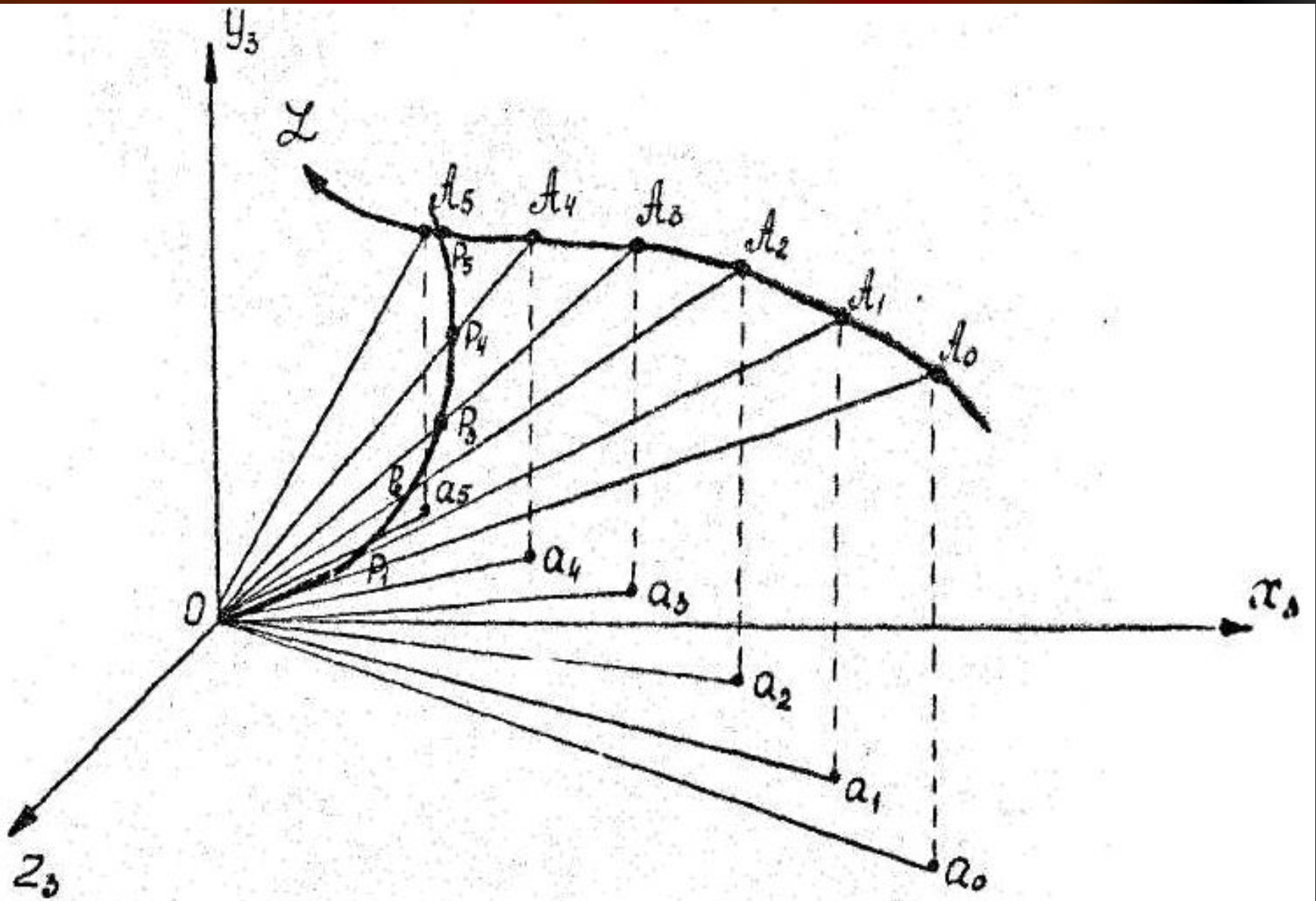
2. Координаты и параметры движения воздушных целей могут изменяться в очень широких пределах: - высота - от десятков метров до двух-трех десятков километров; скорость - от десятков до тысячи метров в секунду. В процессе налета воздушная цель, обнаружив старт ракеты и стремясь уйти от поражения, резко меняет параметры своего движения, т.е. применяет противоракетный маневр. Поэтому при выборе метода наведения особое внимание нужно обращать на его пригодность для стрельбы в широком диапазоне условий, в том числе и для стрельбы по маневрирующим целям. Маневр цели не должен приводить к существенному снижению точности наведения ракет на цель.

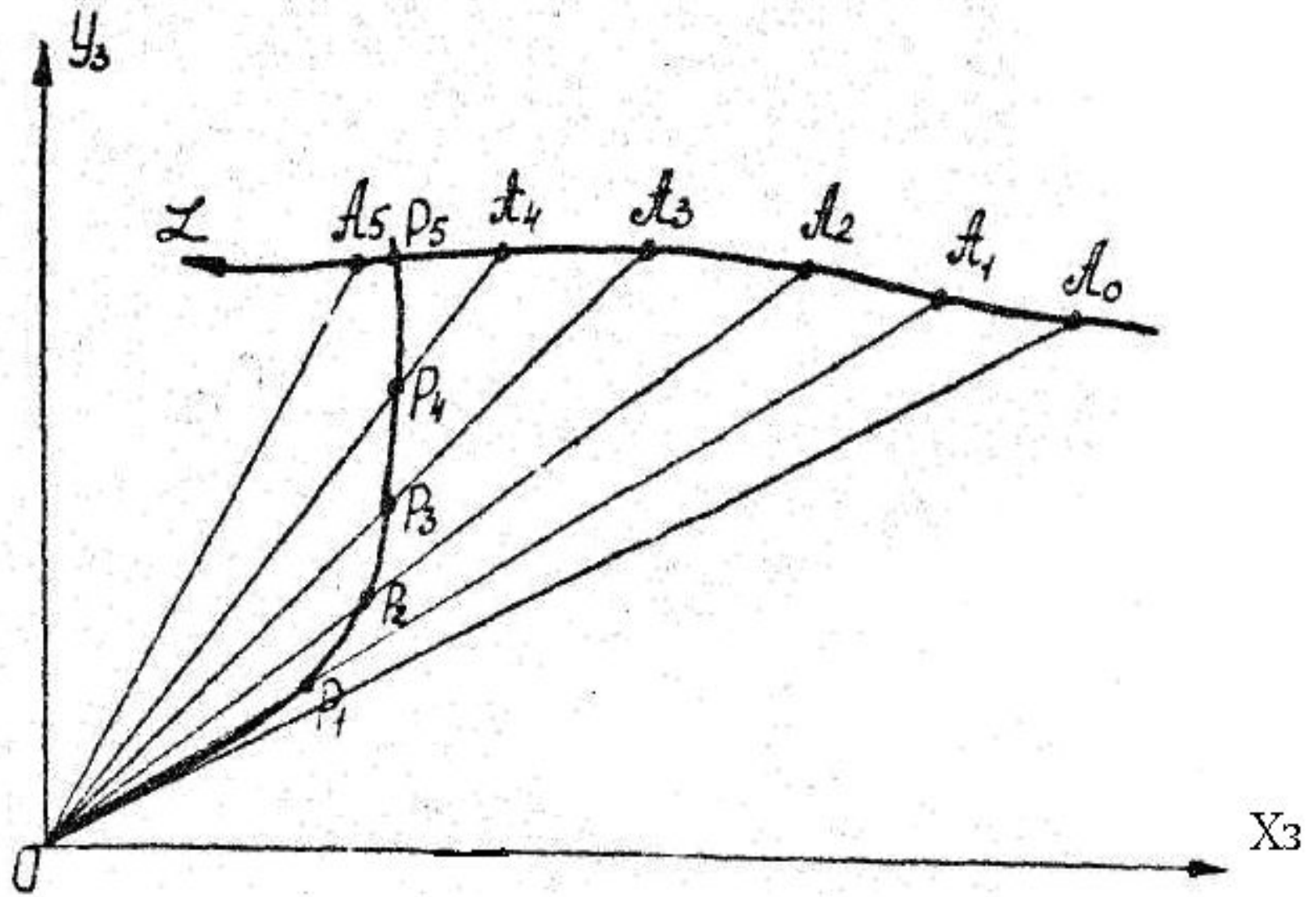
3. От выбора метода неведения зависит состав аппаратуры системы управления. Особые условия эксплуатации ЗРК, предназначенных для ПВО войск, предъявляют жесткие требования к их надежности, помехоустойчивости. На всех этих свойствах ЗРК существенно сказывается приборная реализация системы управления полетом ракеты. Простота приборной реализации, даже без учета экономического фактора, немаловажное требование к методу наведения. Например, если ЗРК предназначены для стрельбы по целям на малых высотах, то кинематическая траектория должна проходить на такой высоте, чтобы исключить в процессе наведения столкновение ракеты с поверхностью земли и нанесение ущерба своим войскам.

Окончательная оценка пригодности и целесообразности реализации того или иного метода наведения может быть дана на основе всестороннего анализа качества функционирования системы управления полетом ЗУР в различных условиях боевого применения ЗРК.

2- ой вопрос: Метод трех точек.

Методом трех точек называется такой закон сближения ракеты с целью, при котором в каждый момент времени наведения ракеты ее центр масс должен находиться на прямой, соединяющей пункт управления с центром масс цели. При наведении ракеты по данному методу в любой момент времени три точки (пункт управления O , ракета P_i и цель A_i) находятся на одной прямой. Кинематическая траектория полета ракеты при наведении по методу трех точек определяется уравнениями: уравнение связи или уравнением метода 3-х точек: $\dot{\epsilon}_k = \dot{\epsilon}_c$, $\beta_k = \beta_c$, где $\dot{\epsilon}_k$ и β_k - угол места и азимут точки на кинематической траектории, $\dot{\epsilon}_c$ и β_c - угол места и азимут цели.





В реальных условиях наведения, на ракету и другие элементы контура управления воздействуют возмущения, которые вызывает отклонения ракеты от кинематической траектории, в результате чего появляются угловые ошибки наведения. За ошибку в положении ракеты, на основании которой формируются команды управления, принимается линейное отклонение от кинематической траектории, которое называется также параметром управления (h). Поскольку наведение ракеты на цель осуществляется в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, то отклонение h , раскладывается на две составляющие: h_ϵ и h_β

$$h_\epsilon = z_p \cdot \Delta \epsilon$$

$$h_\beta = z_p \cdot \Delta \beta_k$$

ГДЕ

$$\Delta \epsilon = \epsilon_{цк} - \epsilon_p$$

$$\Delta \beta_k = \beta_{цк} - \beta_p$$

В процессе наведения угловые координаты цели и ракеты определяются следящими радиолокаторами цели и ракеты, а вычисление угловых и линейных отклонений производится счетно-решающим прибором. На основании значений h_ε и h_β формируются команды управления ракетой такого знака и величины, чтобы обеспечить уменьшение параметра управления до минимального значения. При выработке команд управления вместо действительной дальности до ракеты r_p используется функция $R(t)$, примерно соответствующая текущему значению наклонной дальности до ракеты, поэтому при аппаратурной реализации метода наведения составляющие ошибки в положении ракеты относительно кинематической траектории определяются по формулам:

Параметры управления

$$\left. \begin{aligned} h_\varepsilon &= R(t) \cdot \Delta \varepsilon \\ h_\beta &= R(t) \cdot \Delta \beta \end{aligned} \right\}$$

Одной из составляющих суммарной ошибки наведения является динамическая ошибка наведения, которую можно определить по формулам:

$$h_{\varepsilon g} = \frac{W_{\text{кп}\varepsilon}}{K_0} ; \quad h_{\beta g} = \frac{W_{\text{кп}\beta}}{K_0}$$

где K_0 - коэффициент усиления контура управления в разомкнутом состоянии;

$W_{\text{кп}\varepsilon}$ – нормальное ускорение движения ракеты на кинематической траектории по углу места;

$W_{\text{кп}\beta}$ - нормальное ускорение движения ракеты на кинематической траектории по азимуту.

Контуром управления системы в соответствующей плоскости называют часть системы телеуправления, которая обеспечивает управление ракетой в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Достоинства метода:

1. Для реализации метода не требуется сопровождение цели по дальности. Следовательно, метод может быть применен при стрельбе по постановщику активных шумовых или ответно импульсных помех, от которых невозможно отстроиться, и дальность до которых в результате этого не определяется.
2. Простота приборной реализации метода, и как следствие этого меньше значения флюктуационных (случайных) ошибок по сравнению с другими методами наведения. По этой причине достигается высокая точность стрельбы по малоскоростным неманеврирующим целям.

Недостатки метода:

1. Сравнительно большая кривизна кинематической траектории и увеличение кривизны по мере сближения ракеты с целью.

Следовательно, метод представляет повышенные требования к маневренности ракеты.

2. Увеличение нормальных ускорений ракеты по мере ее сближения с целью, приводящее к возрастанию динамической ошибки наведения в районе встречи с целью. Более того, с увеличением высоты полета нормальные располагаемые перегрузки могут оказаться меньше требуемых.

3. Наличие составляющей динамической ошибки метода наведения, зависящей от нормального ускорения цели, и невозможность ее полной компенсации, что приводит к снижению вероятности поражения маневрирующей цели. Этот недостаток особенно ощутим при стрельбе на больших дальностях, так как при большом полётном времени ракеты цель располагает большими возможностями для осуществления маневра.