

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Реферат на тему:
«Физические основы перехвата воздушных
целей зенитной управляемой ракеты(ЗУР)»

Выполнил: Ремизов Кирилл, Москаев Владимир
Взвод: ИТ-23-2

г. Нижний Новгород
2026 год

Содержание

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Задача стрельбы зенитными управляемыми ракетами | 2 |
| 1.1 | Основные составляющие задачи | 2 |
| 1.1.1 | Определение ошибок наведения и параметров закона поражения цели | 2 |
| 1.1.2 | Расчёт показателей эффективности стрельбы | 2 |
| 1.1.3 | Оценка пространственных и временных возможностей ЗРК | 2 |
| 1.1.4 | Подготовка стрельбы и ведение огня | 2 |
| 2 | Типы систем управления зенитными управляемыми ракетами (ЗУР) | 3 |
| 2.1 | Телеуправление (командное) | 3 |
| 2.2 | Самонаведение | 3 |
| 2.3 | Комбинированное управление | 4 |
| 2.4 | Автономные системы управления | 4 |
| 3 | Системы координат для описания движения цели и ракеты | 5 |
| 3.1 | Биконическая система координат (БСК) | 5 |
| 3.2 | Связанная стартовая система координат | 5 |
| 3.3 | Скоростная система координат | 7 |

Задача стрельбы зенитными управляемыми ракетами

Определение: Задача стрельбы ЗУР — поражение воздушной цели с требуемой эффективностью в условиях противодействия, маневра цели и ограничений самого ракетного комплекса.

1.1 Основные составляющие задачи

1.1.1 Определение ошибок наведения и параметров закона поражения цели

- Анализ факторов, вызывающих отклонение ракеты от требуемой траектории.
- Расчёт зоны поражения с учётом характеристик боевой части и взрывателя.

1.1.2 Расчёт показателей эффективности стрельбы

- Определение вероятности поражения цели одной или несколькими ракетами.
- Расчёт математического ожидания числа сбитых самолётов в групповой цели.

1.1.3 Оценка пространственных и временных возможностей ЗРК

- Определение зоны поражения по дальности, высоте и параметру.
- Расчёт времени реакции комплекса, циклограммы работы.
- Оценка возможности обстрела нескольких целей.

1.1.4 Подготовка стрельбы и ведение огня

- **Организация стрельбы:** Разведка целей, целераспределение, выбор метода наведения.
- **Ведение огня:** Учёт маневра целей (вираж, пикирование, горка, разгон/торможение).
- **Противодействие:** Помехам и тактическим приёмам противника (совмещение отметок на индикаторе, резкое изменение скорости).

Типы систем управления зенитными управляемыми ракетами (ЗУР)

2.1 Телеуправление (командное)

- **Принцип работы:** Управление осуществляется с наземного пункта наведения.
- **Техническая реализация:**
 - **Станция наведения (СНР)** отслеживает цель и ракету.
 - Формирует команды, передаваемые на борт ракеты.
 - Используется **двухсторонняя радиолиния** или **лазерный луч**.
- **Недостаток:** Зависимость от канала связи, помехозащищенность ограничена.

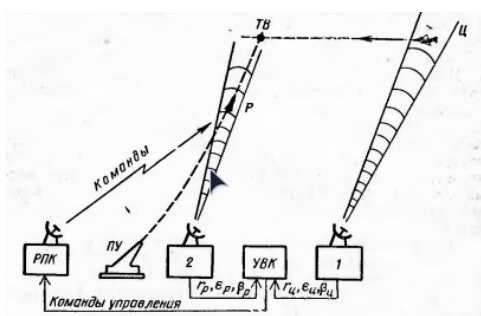


Рис. 1: Командная система телеуправления 1-го рода (лазерный луч)

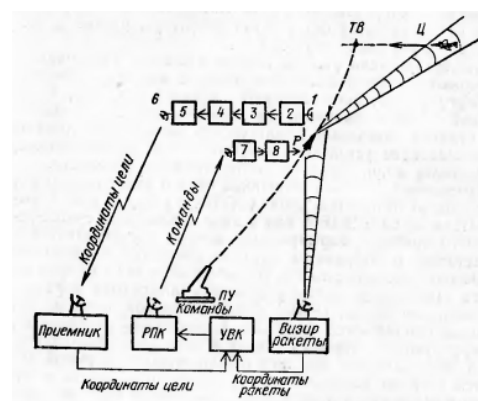


Рис. 2: Командная система телеуправления 2-го рода (двухсторонняя радиолиния)

2.2 Самонаведение

- **Принцип работы:** Ракета самостоятельно наводится на цель с помощью бортовой аппаратуры.
- **Типы головок самонаведения (ГСН):**
 - **Пассивное:** Ракета принимает излучение цели (тепловое, радиолокационное).
 - **Активное:** Ракета имеет собственный излучатель и приёмник.
 - **Полуактивное:** Цель подсвечивается наземной РЛС, ракета принимает отражённый сигнал.
- **Достоинство:** Автономность на конечном участке.
- **Недостаток:** Зависимость от метеоусловий, возможность постановки помех.

2.3 Комбинированное управление

- **Принцип работы:** Сочетание **различных систем** на разных этапах полёта.
- **Примеры:**
 - Телеуправление на первом участке + самонаведение на конечном.
 - Телеуправление первой и второй ступенями.
- **Решаемые задачи:**
 - **Сопряжение траекторий** при переходе с одного способа на другой.
 - **Обеспечение захвата цели** головкой самонаведения.
 - Использование **одной бортовой аппаратуры** на разных этапах.

2.4 Автономные системы управления

- **Принцип работы:** Управляющий сигнал формируется **на борту ракеты** по заранее заданной программе.
- **Особенность:** Не требует информации от цели или пункта управления после старта.
- **Применение:** На **начальном участке траектории** для вывода ракеты в заданную область пространства.

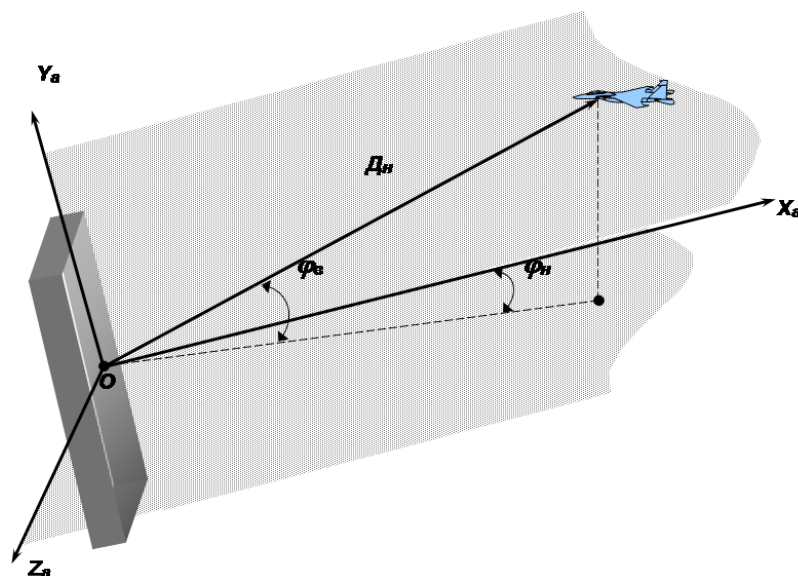


Рис. 3: Биконическая система координат

Системы координат для описания движения цели и ракеты

Адекватное математическое описание процесса перехвата невозможно без выбора удобных систем координат (СК).

3.1 Биконическая система координат (БСК)

Это самая важная система для управления зенитной ракетой. Её начало находится в точке, откуда ведется управление — обычно это радиолокационная станция (РЛС), которая "видит" цель. Как видно из рисунка 3, чтобы найти цель в пространстве, нужно знать три величины:

- **Дальность** (D_n) — расстояние от РЛС до цели.
- **Азимут** (φ_n) — боковой угол, показывающий, насколько цель смещена вправо или влево от направления "прямо вперед" от РЛС.
- **Угол места** (φ_b) — вертикальный угол, показывающий, насколько цель выше или ниже горизонтальной плоскости.

Представьте, что вы стоите с фонариком: дальность — это как далеко объект, азимут — в какую сторону по горизонтали светить, угол места — поднимать или опускать луч фонарика. Именно так РЛС "следит" за целью.

3.2 Связанная стартовая система координат

Необходимые для вывода стартовой ЗУР на кинематическую траекторию метода наведения, могут осуществляться в связанной (O_X, O_Y, O_Z) и стартовой (O_X, O_Y, O_Z) системах координат

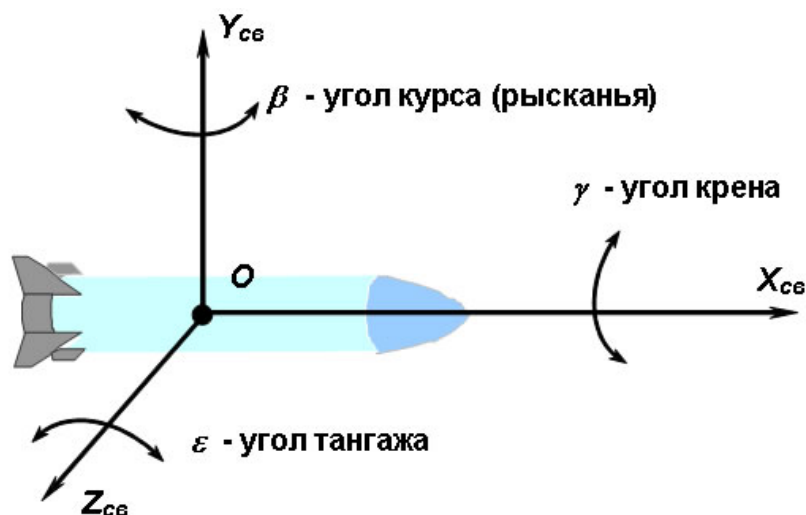


Рис. 4: Связанная система координат

- **Связанная система координат** — это внутренняя система отсчёта, которая жёстко привязана к самой ракете. Её начало находится в центре масс ракеты. Оси этой системы закреплены на корпусе: ось O_X идёт вдоль ракеты от хвоста к носу, ось O_Y направлена вверх относительно ракеты, а ось O_Z — вбок, чтобы все три оси были перпендикулярны друг другу. Когда ракета поворачивается в полёте, эта система координат поворачивается вместе с ней. Благодаря гироскопам, которые ориентированы по этим осям, ракета "чувствует" свои повороты и может стабилизировать своё положение.
- **Стартовая система координат** — это система, которая строится в момент пуска ракеты для наведения на цель. Её центр находится в ракете. Ось O_X горизонтально направлена в сторону цели, ось O_Y лежит в вертикальной плоскости, проходящей через ракету, а ось O_Z перпендикулярна этой плоскости.

Перед стартом рассчитывают два угла: угол ϑ_c — для поворота вправо-влево, и угол γ_c — для подъёма-опускания. Эти углы загружают в компьютер ракеты. После пуска ракета летит сама, удерживая эти углы, чтобы выйти в точку встречи с целью, где её уже точно захватит система наведения.

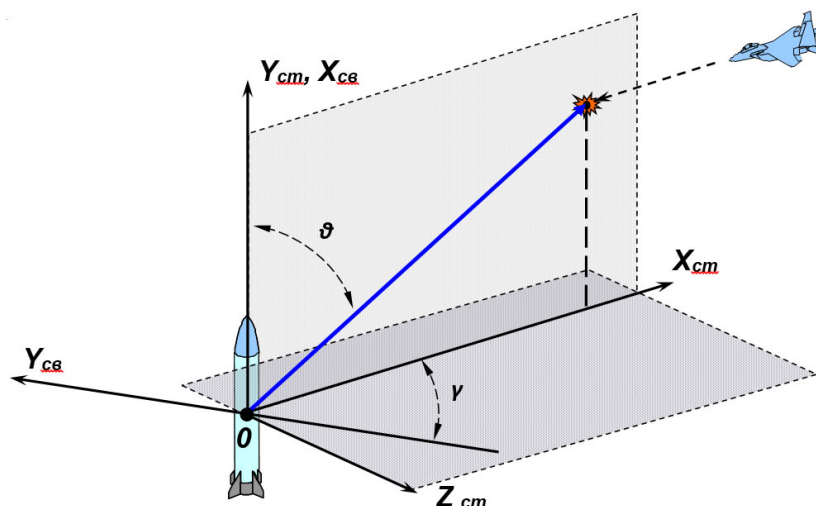


Рис. 5: Связанная стартовая система координат

3.3 Скоростная система координат

Скоростная система координат — это система, в которой положение ракеты определяется относительно направления её полёта. Её центр находится в центре масс ракеты:

- **Ось O_{X_V}** направлена туда, куда ракета летит в данный момент (по вектору скорости)
- **Ось O_{Y_V}** направлена вверх в вертикальной плоскости ракеты
- **Ось O_{Z_V}** направлена вбок, дополняя систему

Главные отличия от связанной системы:

- **Связанная система** привязана к корпусу ракеты (нос всегда по оси O_X)
- **Скоростная система** привязана к направлению полёта (куда реально движется ракета)

Важные углы:

- **Угол атаки (α)** — угол между носом ракеты и направлением полёта (как угол между стрелой и траекторией)
- **Угол скольжения (β)** — угол бокового смещения направления полёта

Зачем это нужно: Именно в этой системе оценивают ошибки наведения и рассчитывают команды для рулей, чтобы ракета летела точно к цели.

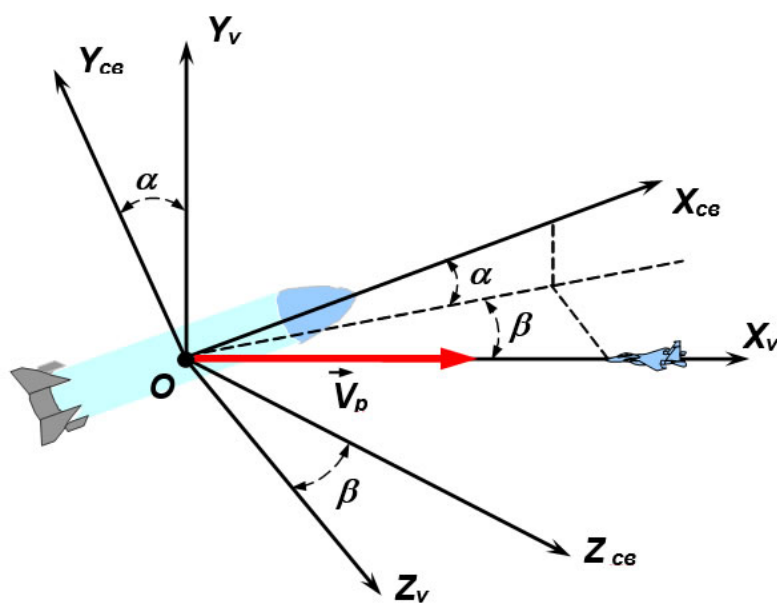


Рис. 6: Скоростная система координат