

# **«Военно-техническая подготовка»**

## **ТЕМА №2.**

### **Основы построения ЗРС**

### **ЗАНЯТИЕ № 4. Системы управления 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. Назначение систем управления ЗУР
2. Системы телеуправления ЗУР
3. Общие сведения о системах самонаведения ЗУР
4. Комбинированные системы управления ЗУР

Задачей стрельбы по воздушной цели является ее поражение (уничтожение).

Для поражения цели необходимо, во-первых, осуществить сближение ракеты с целью с требуемой точностью, во-вторых, когда это сближение произошло, подорвать боевую часть ракеты таким образом, чтобы ее поражающие элементы накрыли цель.

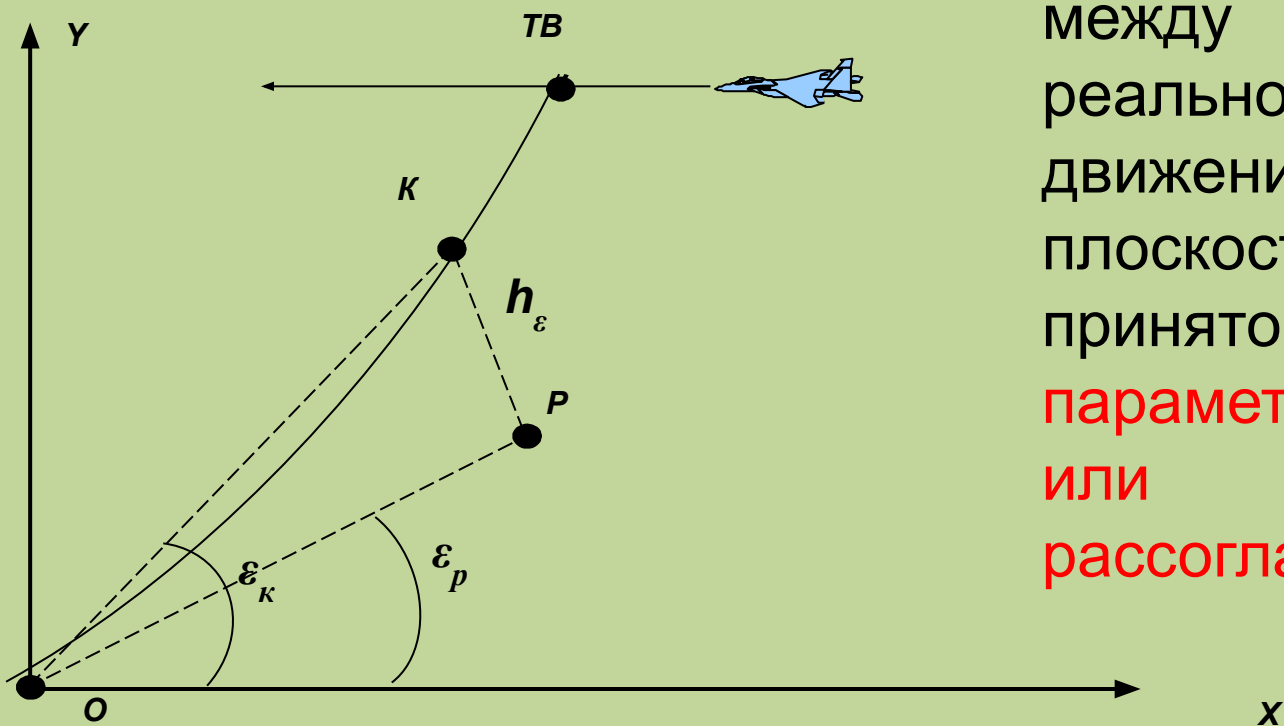
# 1. НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗУР

Сближение ракеты с непрерывно маневрирующей в пространстве воздушной целью обеспечивается системой управления ракетой.

Под **системой управления ЗУР** понимается совокупность устройств, измеряющих положение ракеты и цели в воздушном пространстве и обеспечивающих выработку команд управления и наведение ракеты на цель в течение всего времени полета до встречи с целью.

Система управления обеспечивает также решение ряда других задач, предшествующих наведению ракеты на цель (управляет процессами подготовки пуска ЗУР, самого пуска ракеты и др.)

Из всего количества возможных траекторий, при стрельбе по цели, необходимо использовать одну, наиболее целесообразную с точки зрения тактических и технических соображений траекторию, которая называют **кинематической траекторией**.



Меру нарушения связи между требуемой и реальной траекторией движения ракеты в каждой плоскости наведения принято называть **параметром управления или сигналом рассогласования**.

Требуемая траектория сближения ракеты с целью задается уравнениями связи, определяющими движение ракеты в зависимости от координат и параметров движения цели. Характер этих связей обуславливается выбором **метода наведения**.

Методы наведения ЗУР, применяемые в ЗРК, и соответствующие им уравнения связи будут рассмотрены на следующем занятии.

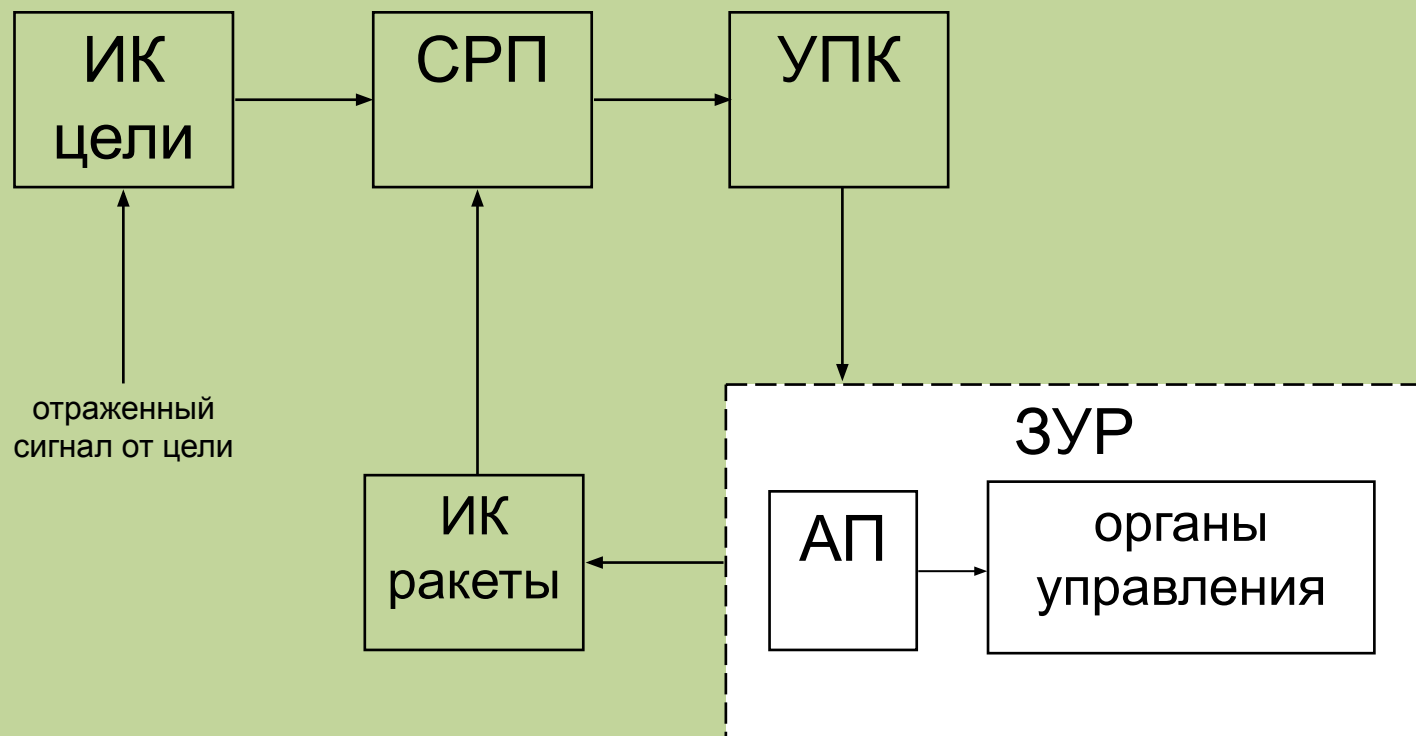
Для сближения ракеты с целью **система управления** в каждый момент времени **должна** не только **иметь информацию о координатах и параметрах движения цели и ракеты**, но и **задавать характер связи между ними**, определять меру нарушения этих связей и на основании этого **вырабатывать команды управления**, обеспечивающие движение ракеты по требуемой траектории.

Наведение ЗУР на цель, как правило, осуществляется по направлению в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (в связанной или скоростной системах координат).

Система управления ракетой в общем случае включает:

- измеритель текущих координат ракеты и цели (ИК цели, ИК ракеты);
- СРП – счетно-решающий прибор (устройство определения параметра рассогласования и выработки команд управления);
- устройство передачи команд (УПК);
- автопилот (АП);
- ЗУР как объект регулирования.





Состав системы управления ЗУР

**Измеритель координат (ИК)** представляет собой аппаратуру слежения за целью и ракетой, расположенной на наземной РЛС, или координатор цели, устанавливаемый на борту ракеты (головка самонаведения или БРП).

**Счетно-решающий прибор** по измеренным значениям текущих координат ракеты и цели и заданным уравнениям связи определяет параметр рассогласования и на его основе формирует команды управления ракетой (КУ).

Если СРП размещается на борту ракеты, то команды управления непосредственно выдаются на автопилот. При расположении СРП вне ракеты они передаются на ракету с помощью устройства передачи команд (УПК).

**Автопилот** обеспечивает стабилизацию ракеты и управление ее полетом, непосредственно воздействуя на органы управления ракеты (рули) в соответствии с величиной и знаком команд управления.

Наведение ракеты на цель сопровождается ошибками, не позволяющими в общем случае получить прямое попадание ракеты в цель. Поэтому для поражения цели необходимо не только осуществить сближение ракеты с целью, но и решить задачу определения момента подрыва ее боевой части у цели, который выбирают исходя из условия обеспечения максимума вероятности поражения цели при заданной величине промаха ракеты. Решение этой задачи, как правило, достигается выбором соответствующих характеристик неконтактного взрывателя.

Для наведения зенитных управляемых ракет на цель используют следующие системы управления ЗУР:

системы телеуправления;

системы самонаведения;

комбинированные системы управления.

В системах **телеуправления** траекторию движения ЗУР формирует наземный пункт наведения, непрерывно контролирующей траектории цели и ракеты.

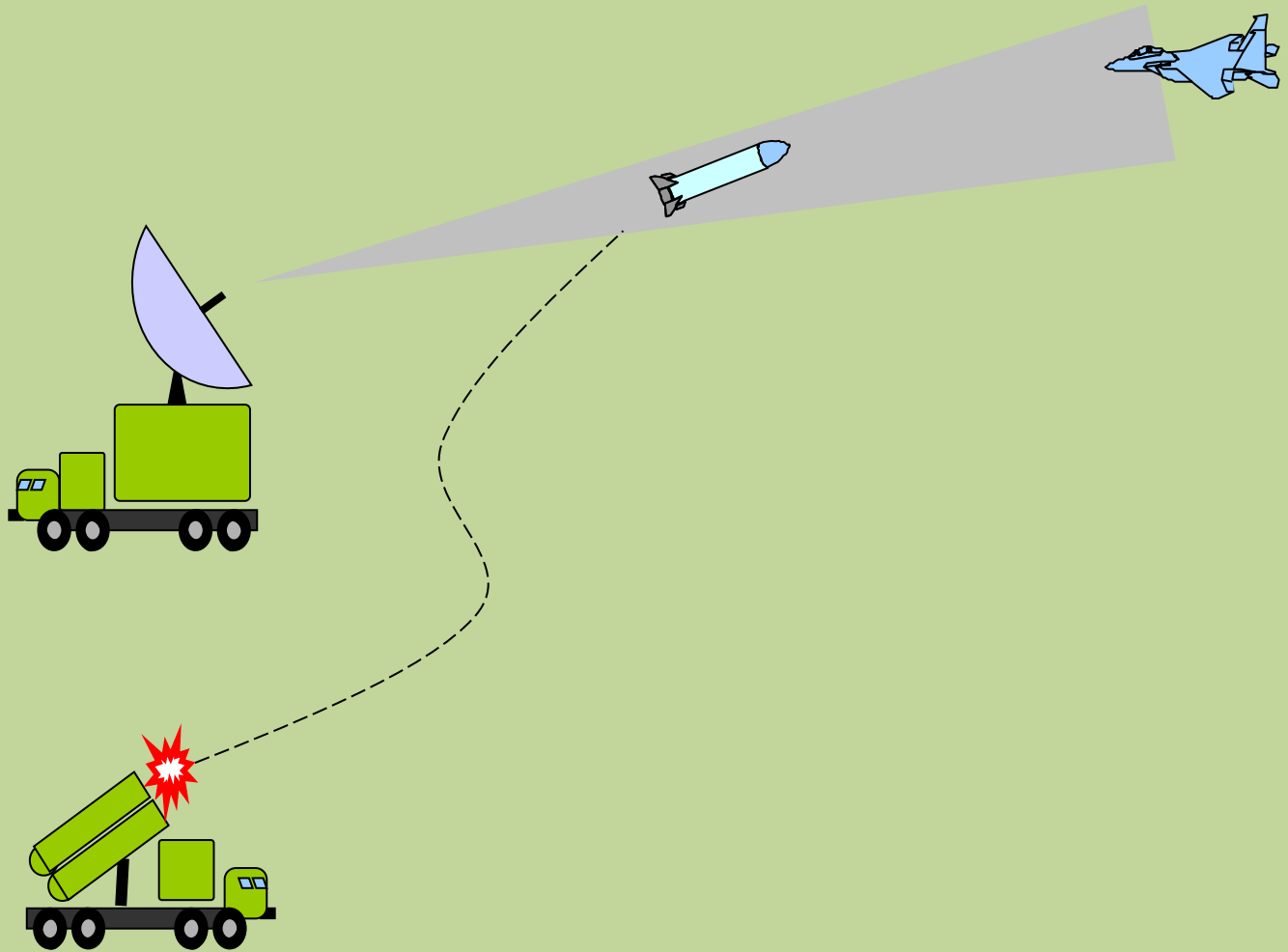
В системах **самонаведения** команды управления формируются на борту ЗУР на основе анализа измеряемых координат цели.

## 2. СИСТЕМЫ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ ЗУР

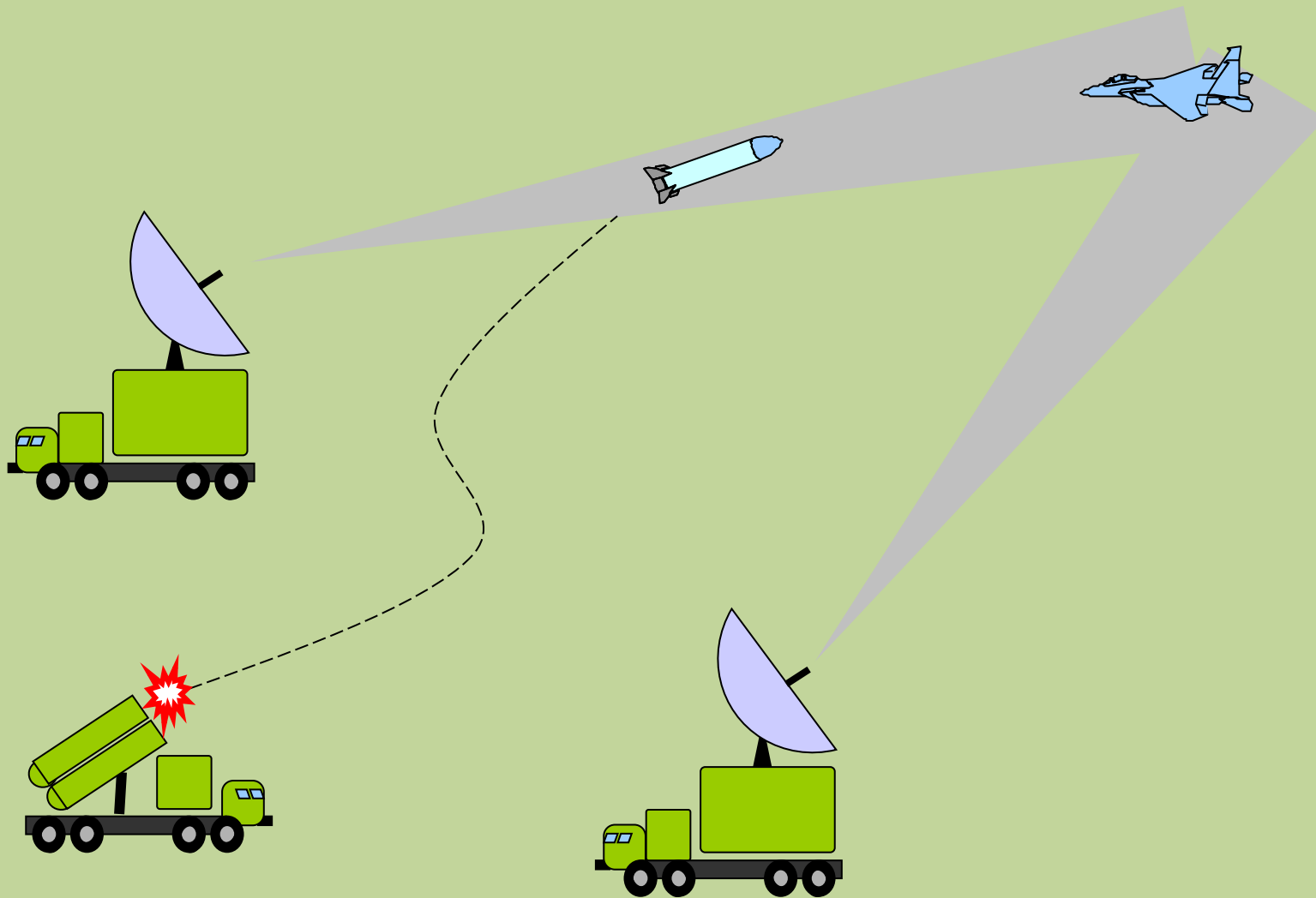
В зависимости от места формирования команд (сигналов) управления рулями ракеты эти системы делят на:

системы наведения по лучу;  
командные системы телеуправления.

В **системах наведения по лучу** станция наведения непрерывно подсвечивает цель радиолучом, в котором движется ракета. Луч модулируется таким образом, чтобы при отклонении ракеты от заданного направления ее бортовые устройства автоматически определяли сигналы рассогласования и вырабатывали соответствующие команды управления ракетой.



Система наведения по лучу (однолучевая)



Двухлучевая система теленаведения

В **командных системах телеуправления** команды управления полетом ракеты вырабатываются на наземном пункте наведения и по линии связи (линии телеуправления) передаются на борт ракеты.

В зависимости от способа измерения координат цели и определения ее положения относительно ракеты командные системы телеуправления делятся на:

**системы телеуправления первого вида (ТУ-I);**

**системы телеуправления второго вида (ТУ-II).**

В системах **ТУ-I** измерение **текущих координат цели** осуществляется **наземным пунктом** наведения, а в системах **ТУ-II** – **бортовым координатором ракеты** с последующей их передачей на пункт наведения. Выработка команд управления ракетой, как в первом, так и во втором случае осуществляется наземным пунктом наведения.



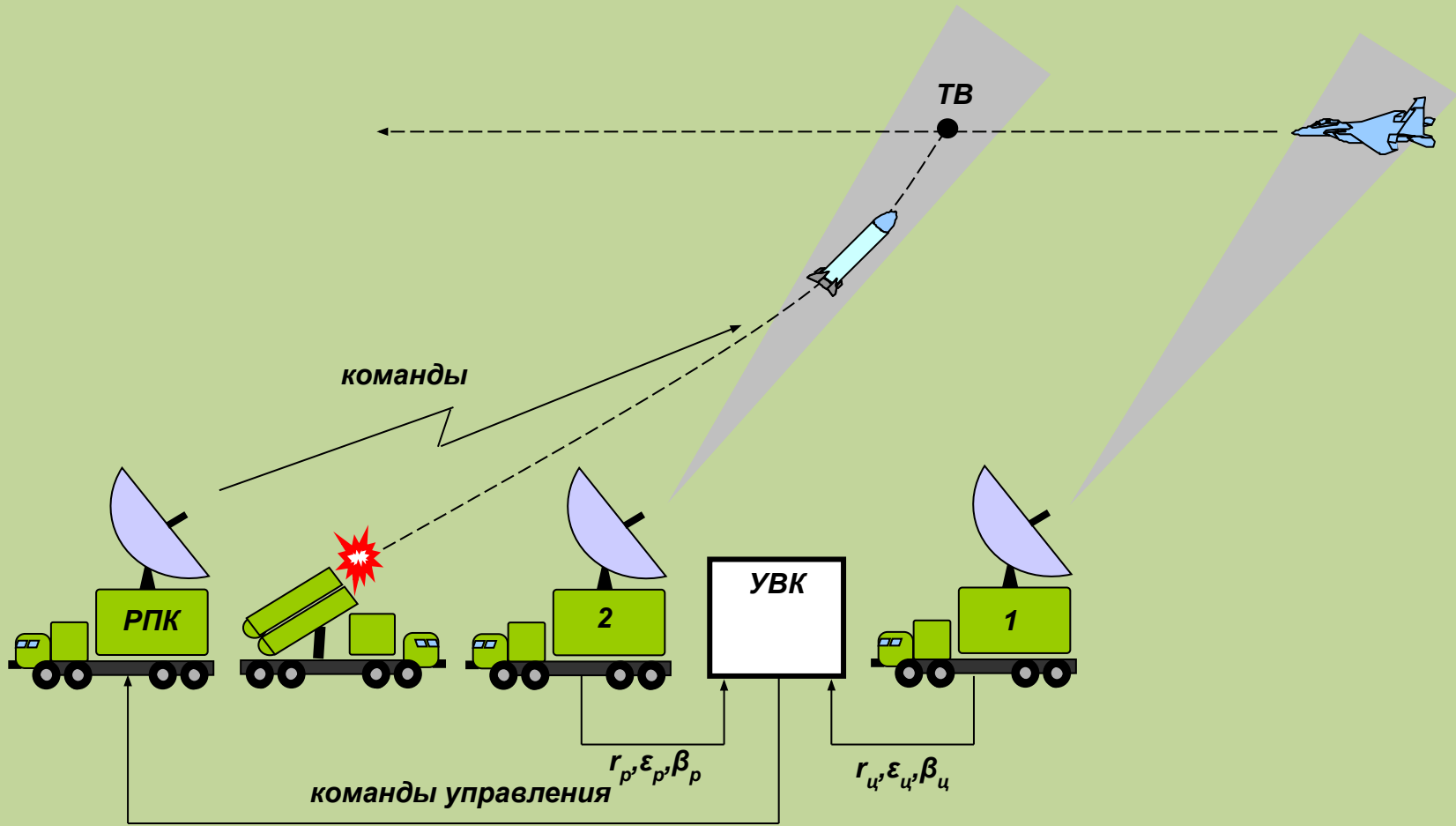


Схема командной системы телеуправления первого вида (ТУ-I)

Определение текущих координат цели и ракеты осуществляется РЛС сопровождения целей и наведения ракет. Эта задача решается двумя радиолокаторами, один из которых сопровождает цель 1, а другой осуществляет наведение ракеты 2 или одной многофункциональной РЛС.

Измеренные значения координат цели и ракеты подаются в устройство выработки команд (УВК) где в соответствии с выбранным методом наведения и принятым параметром рассогласования формируются команды управления (КУ).

Выработанные КУ шифруются и с помощью радиопередатчика команд (РПК) выдаются на борт ракеты. Они принимаются бортовым приемником, усиливаются, дешифрируются и через автопилот выдаются на рули ракеты. В результате поворота рулей возникают боковые аэродинамические силы, которые изменяют направление полета ракеты.

ТУ-1 не требует увеличения состава и массы бортовой аппаратуры, обладает большой гибкостью по числу и геометрии возможных траекторий ракеты.

Основной недостаток системы – зависимость величины линейной ошибки наведения от дальности стрельбы.

Если, например, величину угловой ошибки наведения принять постоянной и равной  $1/1000$  дальности, то промах ракеты при дальностях стрельбы 20 и 100 км соответственно составит 20 и 100 м.

В последнем случае для поражения цели потребуются увеличение массы боевой части, а следовательно, и стартовой массы ракеты. Поэтому ТУ-1 используется для поражения целей ЗУР на малых и средних дальностях.

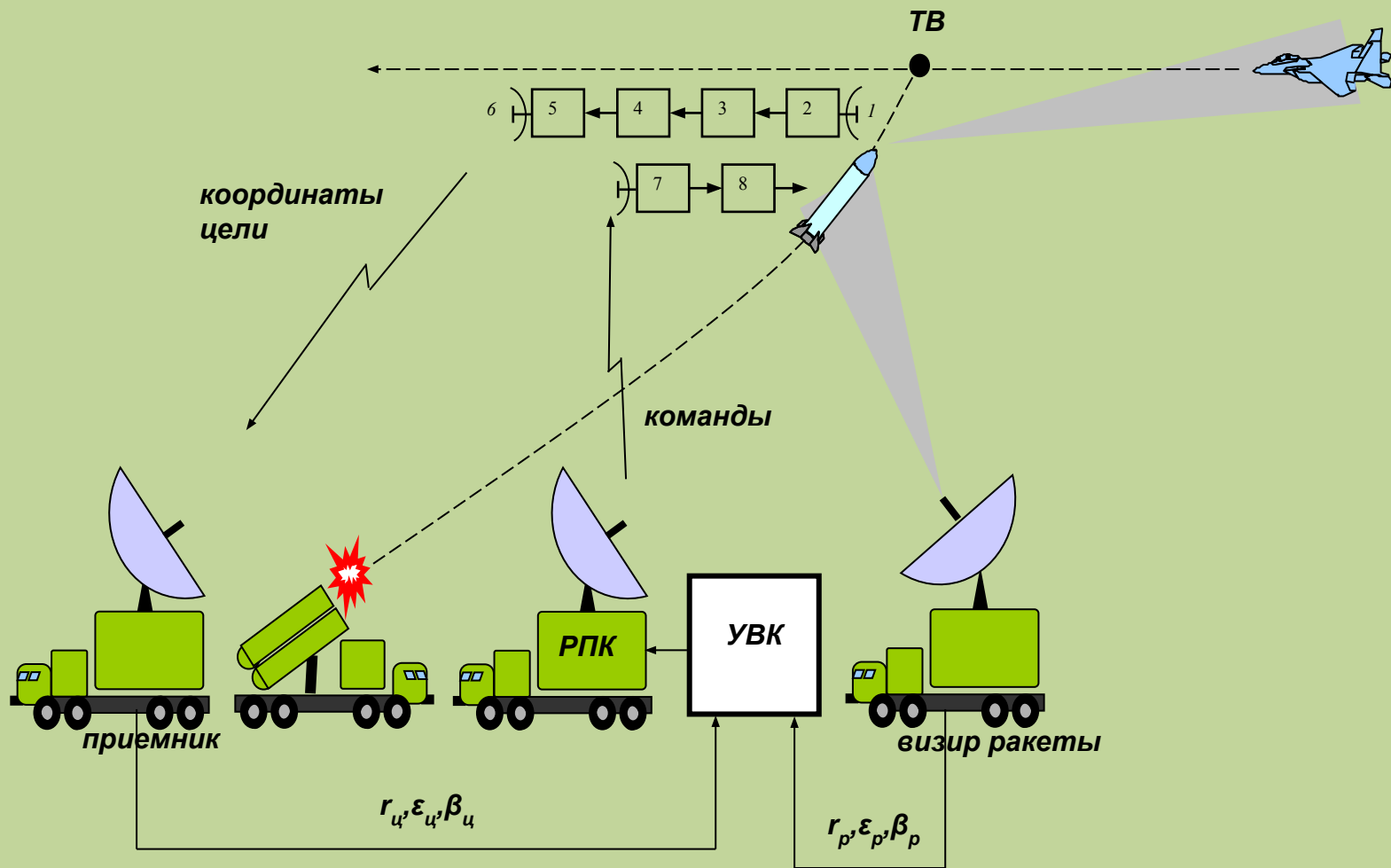


Схема командной системы телеуправления второго вида (ТУ-II)

**Координатор цели** на борту ракеты, (чаще всего это бортовой радиопеленгатор (БРП)), **осуществляет слежение за целью и определение ее текущих координат** в подвижной системе координат, связанной с ракетой. Координаты цели по каналу связи передаются на РЛС сопровождения целей и наведения ракет.

Бортовой радиопеленгатор включает в себя:

- антенну приема сигналов отраженных от цели (1);
- приемник (2);
- устройство определения координат цели (3);
- шифратор (4);
- передатчик сигналов, содержащих информацию о координатах цели (5);
- передающую антенну (6).

Координаты цели принимаются РЛС сопровождения целей и наведения ракет и выдаются в устройство выработки команд управления. Также в УВК поступают текущие координаты ЗУР. УВК определяет параметр рассогласования и формирует КУ, которые после соответствующих преобразований выдаются на борт ракеты.

Для приема этих команд, их преобразования и отработки ракетой на ее борту устанавливается такая же аппаратура, как и в системах телеуправления первого вида (7 – приемник команд, 8 – автопилот).

Основные достоинства системы телеуправления второго вида:

независимость точности наведения ЗУР от дальности стрельбы;

повышение разрешающей способности по мере приближения ракеты к цели;

возможность наведения на цель требуемого числа ракет.

**Основные недостатки системы:**

возрастание стоимости зенитной управляемой ракеты;

невозможность режимов ручного сопровождения цели.

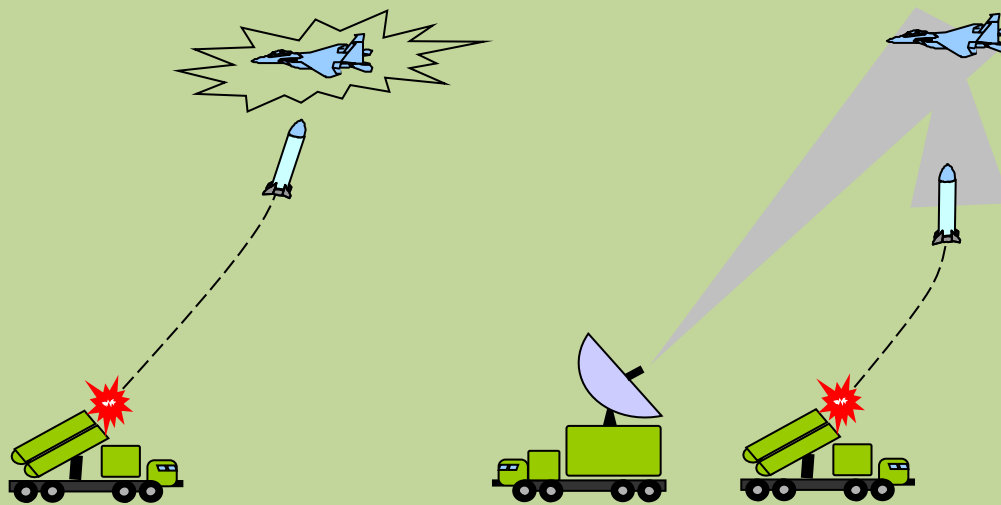
Для надежности наведения ЗУР на цель и повышения точности стрельбы при наведении ЗУР с помощью БРП одновременно измеряются координаты цели как на борту ЗУР, так и наземными средствами. Предпочтение отдается источнику, который обеспечивает наилучшую точность. Такой способ наведения получил название **бинарного**.



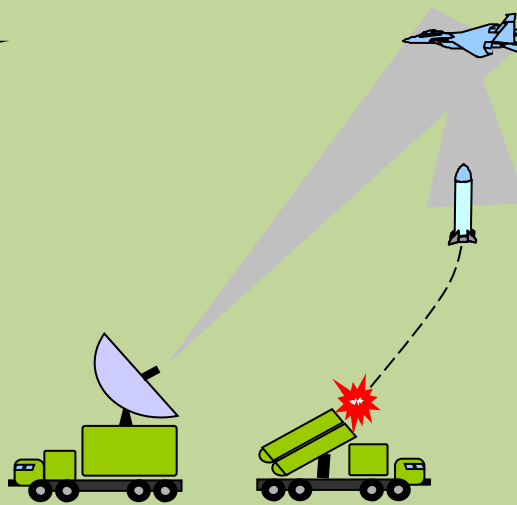
### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ САМОНАВЕДЕНИЯ ЗУР

**Самонаведением** называется автоматическое наведение ракеты на цель, основанное на использовании энергии, идущей от цели к ракете.

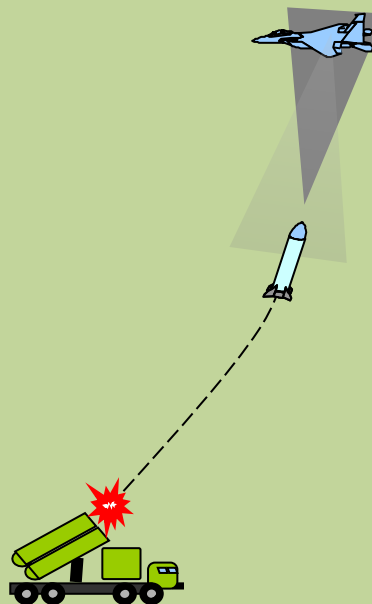
Установленная на борту ракеты головка самонаведения (ГСН) автономно осуществляет сопровождение цели, определяет параметр рассогласования и формирует команды управления ракетой.



а



б



в

Системы самонаведения  
(а – пассивная; б – полуактивная; в - активная)

## 4. КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗУР

Под комбинированным управлением понимается сочетание различных систем управления при наведении ракеты на цель. В зенитных ракетных комплексах оно применяется **при стрельбе на большие дальности** для получения требуемой точности наведения ракеты на цель **при допустимых массовых значениях ЗУР**. Возможны такие последовательные комбинации систем управления:

- телеуправление первого вида и самонаведение;
- телеуправление первого и второго вида.

Применение комбинированного управления обуславливает необходимость решения дополнительных задач:

**сопряжение траекторий** при переходе с одного способа управления на другой;

**обеспечение захвата цели головкой самонаведения** ракеты в полете;

**использование одних и тех же устройств бортовой аппаратуры на различных этапах управления** и др.

При комбинации систем телеуправления первого и второго вида после начала функционирования БРП в устройство выработки команд РЛС сопровождения целей и наведения ракет может поступать информация одновременно от двух источников: РЛС сопровождения целей и наведения ракет и бортового радиопеленгатора. На основе сравнения сформированных команд по данным каждого источника представляется возможным решить задачу сопряжения траекторий, а также повысить точность наведения ракеты на цель. Такой способ комбинации систем управления получил название бинарного управления.