

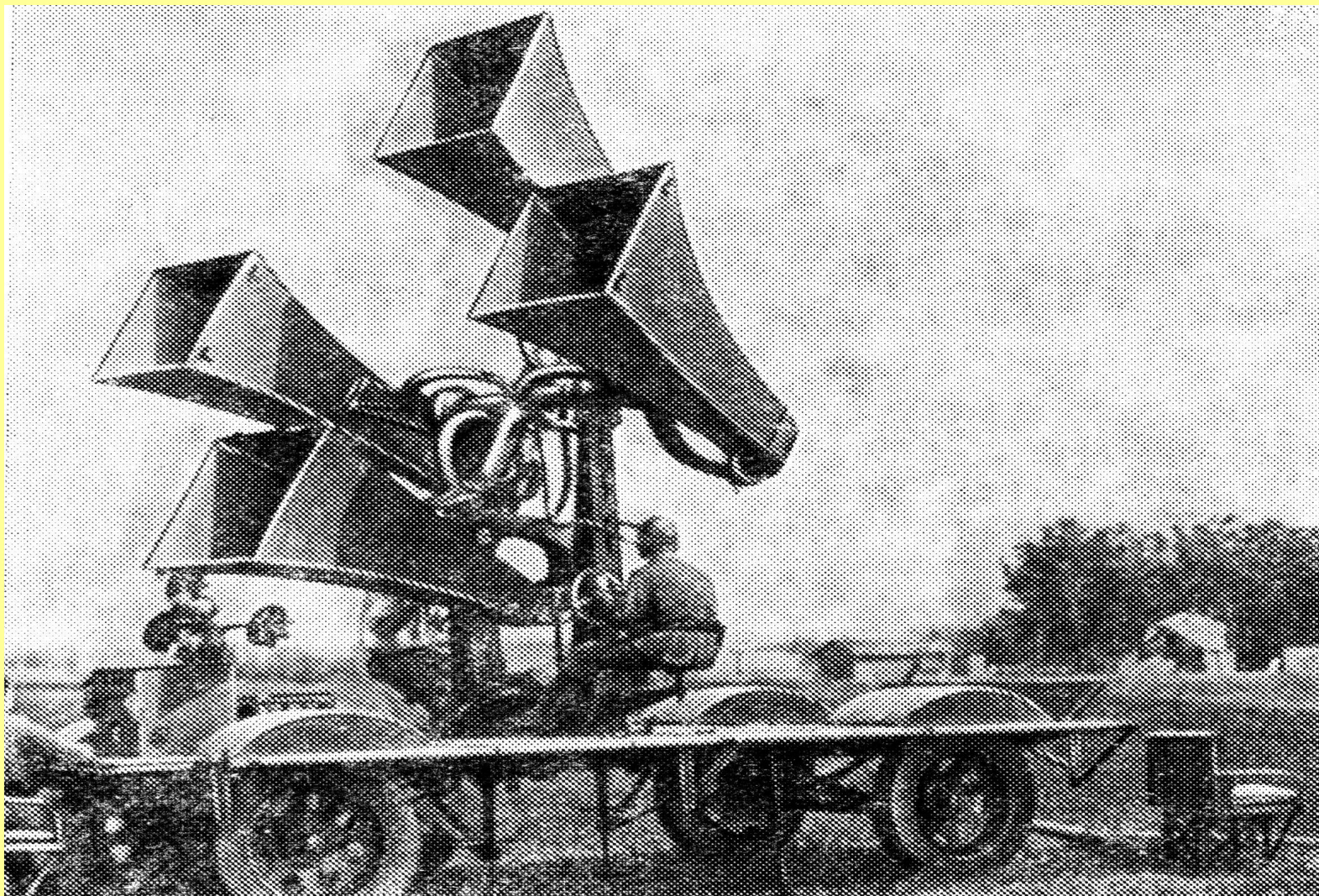
**Тема 1.**  
**Введення в радіолокацію. Загальні  
принципи радіолокації.**

**Заняття №1. Введення в радіолокацію. Загальні принципи  
радіолокації.**

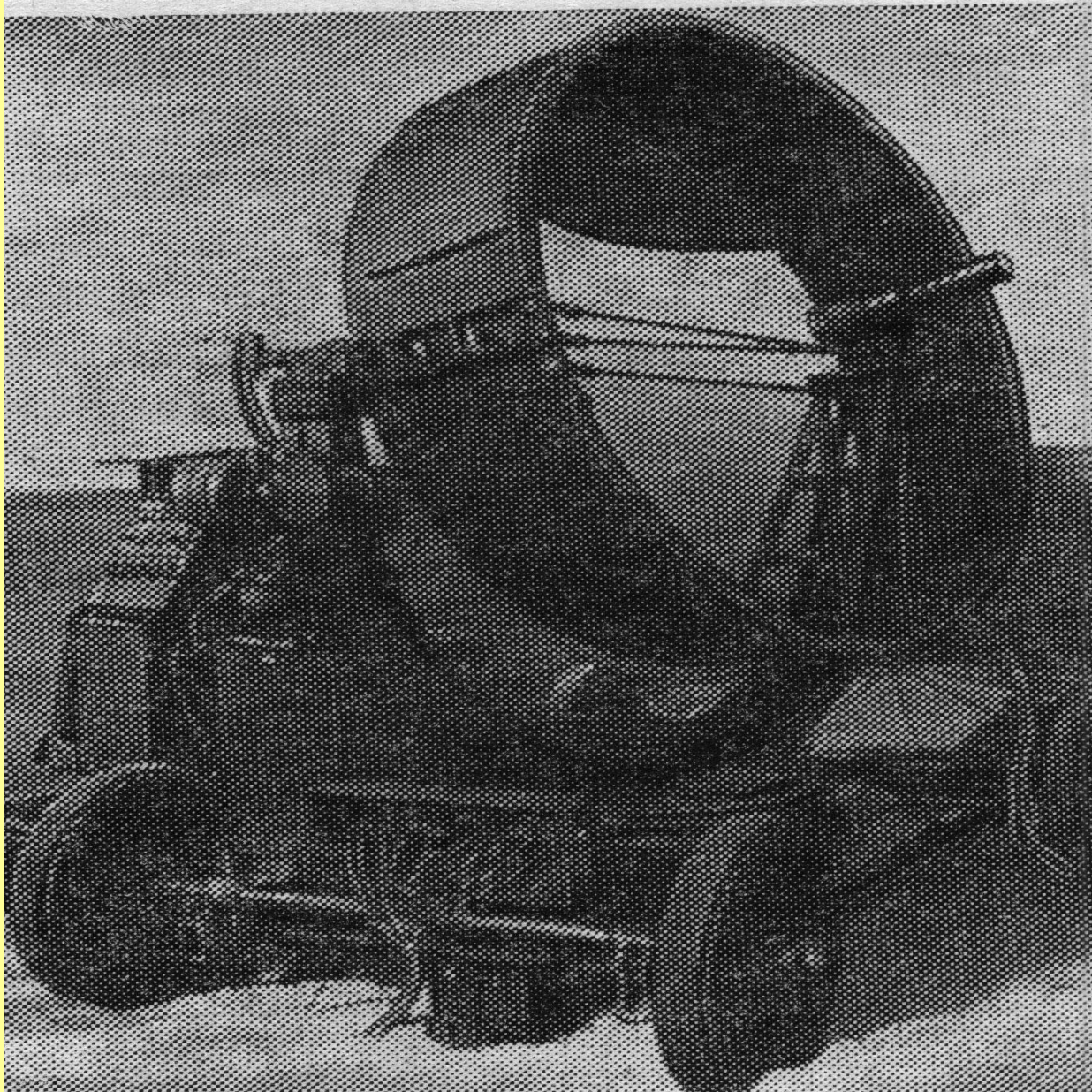
# Питання заняття

1. **Скорочена історія розвитку РЛ. Галузі застосування РЛ.**
2. **Основні визначення і задачі, що вирішує РЛ.**
3. **Фізичні основи РЛ. Види РЛ.**
4. **Характеристика зондувального сигналу.**

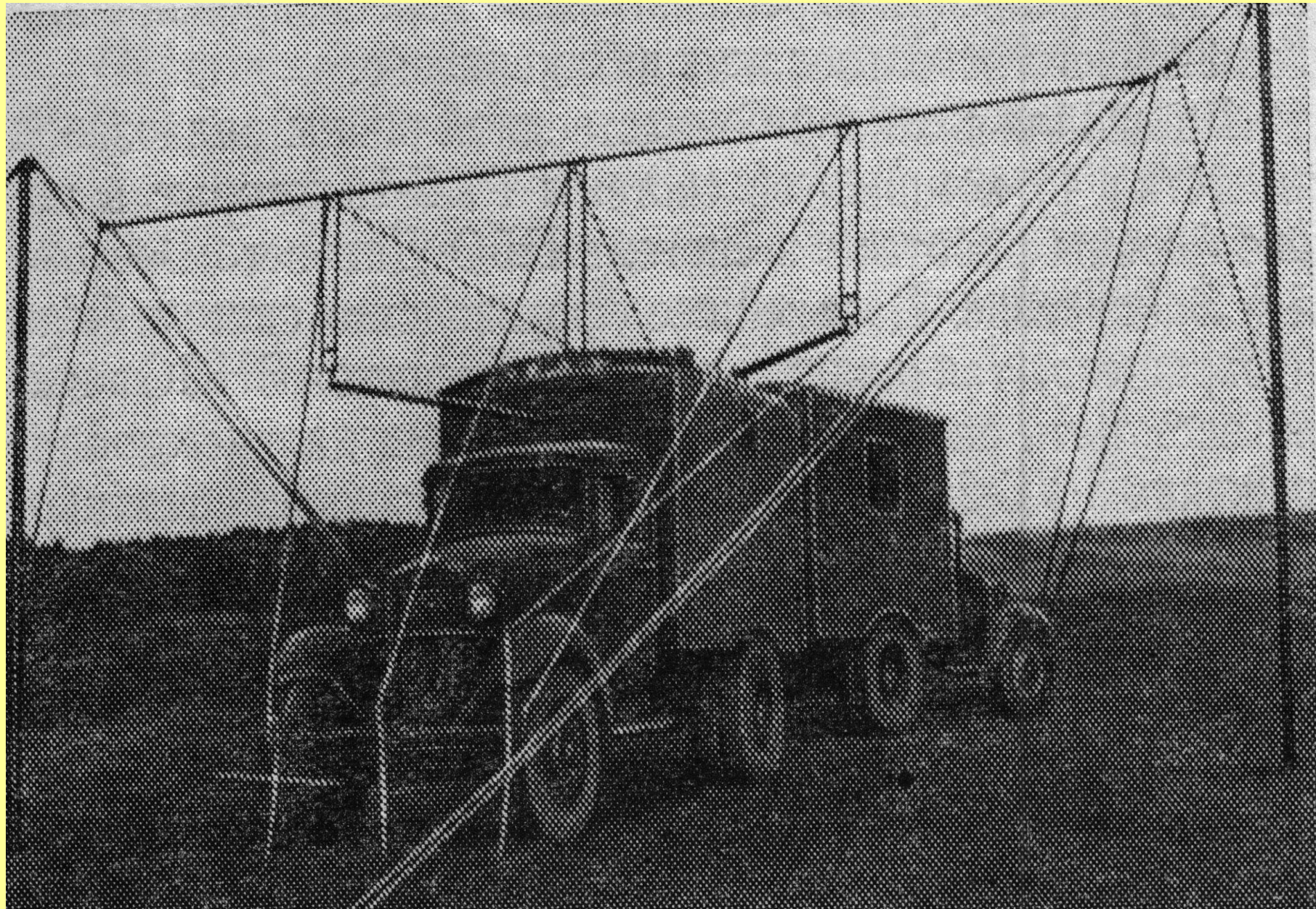
# Скорочена історія розвитку РЛ. Галузі застосування РЛ



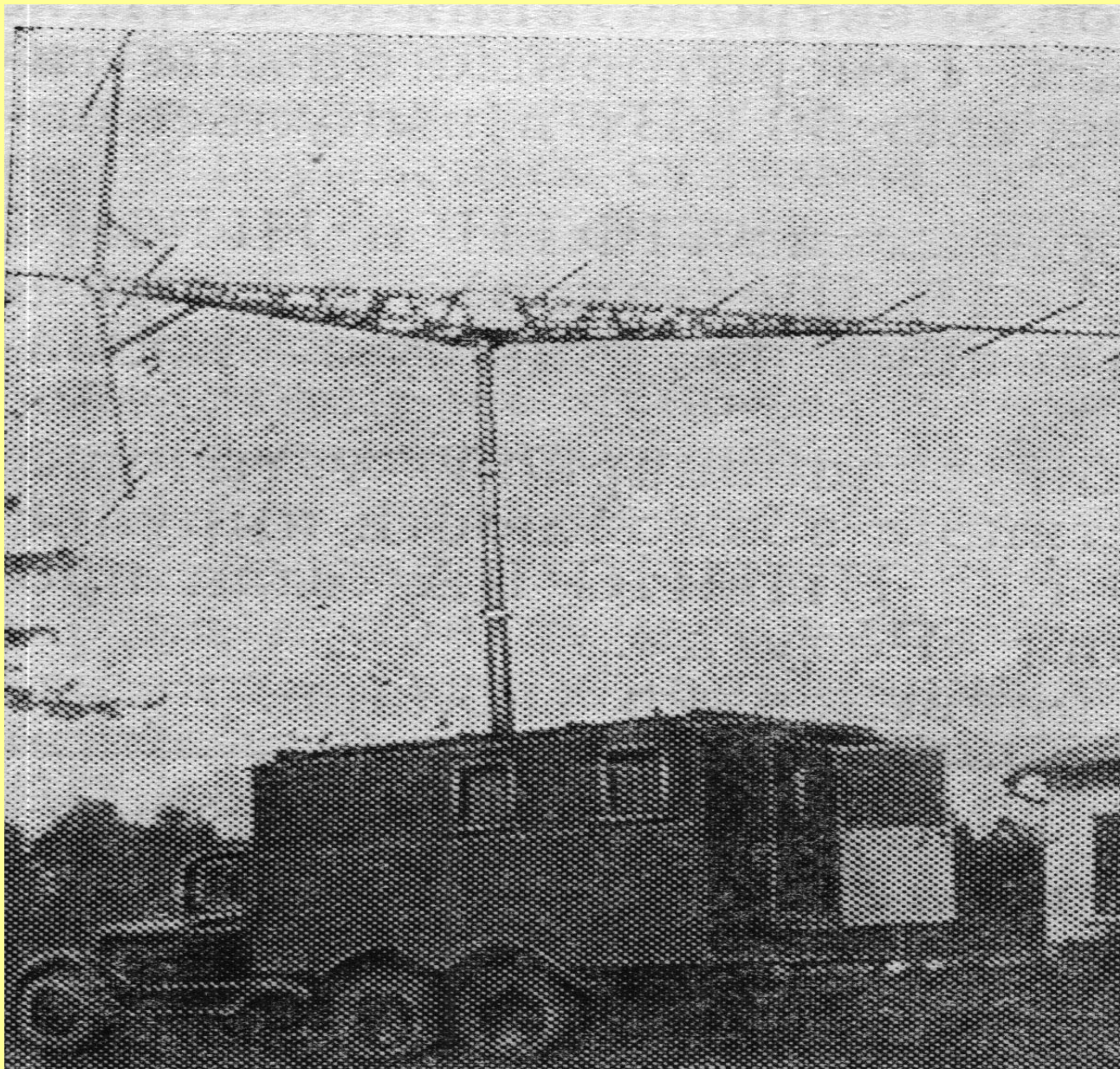
**Звукоулавливатель ЗТ-2**



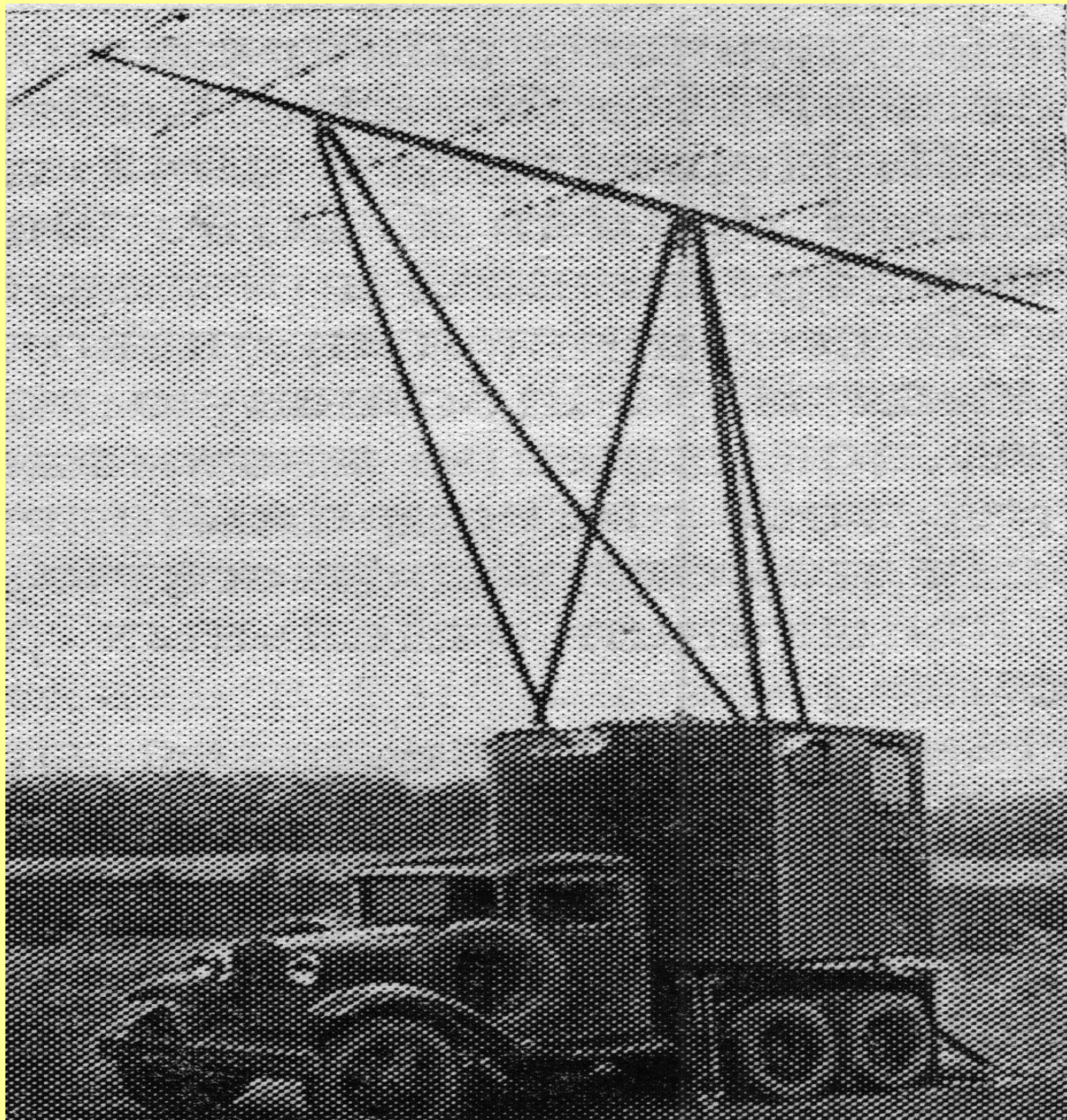
**Теплоулавливатель ТУ-1**



**РУС-1 (излучающая установка) «РЕВЕНЬ»**



**РУС-2 (излучающая установка) «РЕДУТ»**



**РУС-2 (излучающая установка) «РЕДУТ»**

## *Засоби РЛ застосовують для:*

- безпеки руху літаків і кораблів (особливо у нічний час і за умов поганої видимості);
- управління повітряним рухом;
- метеорологічних цілях (визначають місцезнаходження метеоутворювань, склад і стан атмосфери Землі, що дозволяє проводити прогноз погоди);
- дослідження навколишнього простору, виявлення метеоритів, огляду космічного простору, запуску і супроводження космічних кораблів і штучних супутників Землі;
- астрономічних спостережень;
- топографічних зйомок;
- виявлення цілей і наведення винищувачів і ракет на цілі;
- охорони важливих об'єктів і т.і.



# Основні визначення і задачі, що вирішує РЛ

**Радіолокація** – галузь радіоелектроніки, котра забезпечує отримання відомостей про об'єкти за рахунок прийому і аналізу радіохвиль.

Радіохвилями прийнято називати електромагнітні коливання з частотою  $f < 3000$  ГГц (довжина хвилі  $\lambda > 0,1$  мм).

**Об'єкти РЛ** (радіолокаційні цілі) – фізичні тіла, відомості про які мають практичний інтерес.

В залежності від галузі застосування РЛ, радіолокаційні цілі можуть бути:

- аеродинамічними (літаки, крилаті ракети, гелікоптери, аеростати, повітряні кулі);
- балістичними і космічними (боєголовки ракет, супутники, космічні кораблі);
- наземними і надводними (автомобілі, танки, кораблі);
- цілі природного походження (метеоутворення, планети, гори, лісові масиви тощо).

***Радіолокаційна інформація*** (РЛІ) – сукупність відомостей про цілі, котрі отримують засобами радіолокації (ЗРЛ).

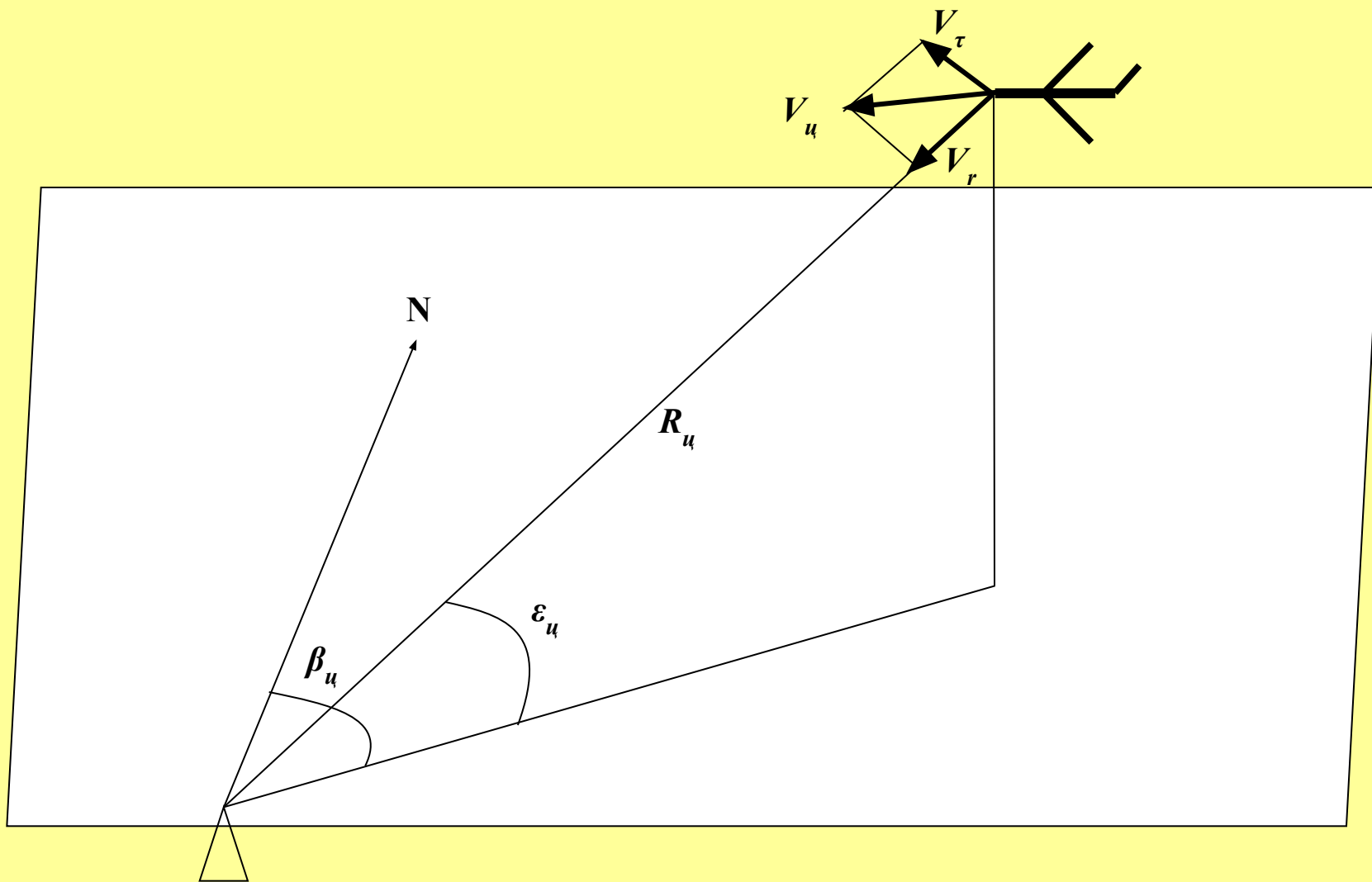
***Радіолокаційна станція*** (РЛС, радіолокатор, радар) – технічний засіб для отримання РЛІ.

***Основні задачі РЛ*** або процес отримання РЛІ можна розділити на чотири етапи:

- виявлення цілей;
- вимірювання координат і параметрів руху цілей;
- розділення цілей;
- розпізнавання цілей.

***Виявлення*** складається з прийняття рішення про наявність або відсутність цілі в заданій області простору.

**Вимірювання** зводиться до визначення місцезнаходження (координат) цілі і параметрів її руху.



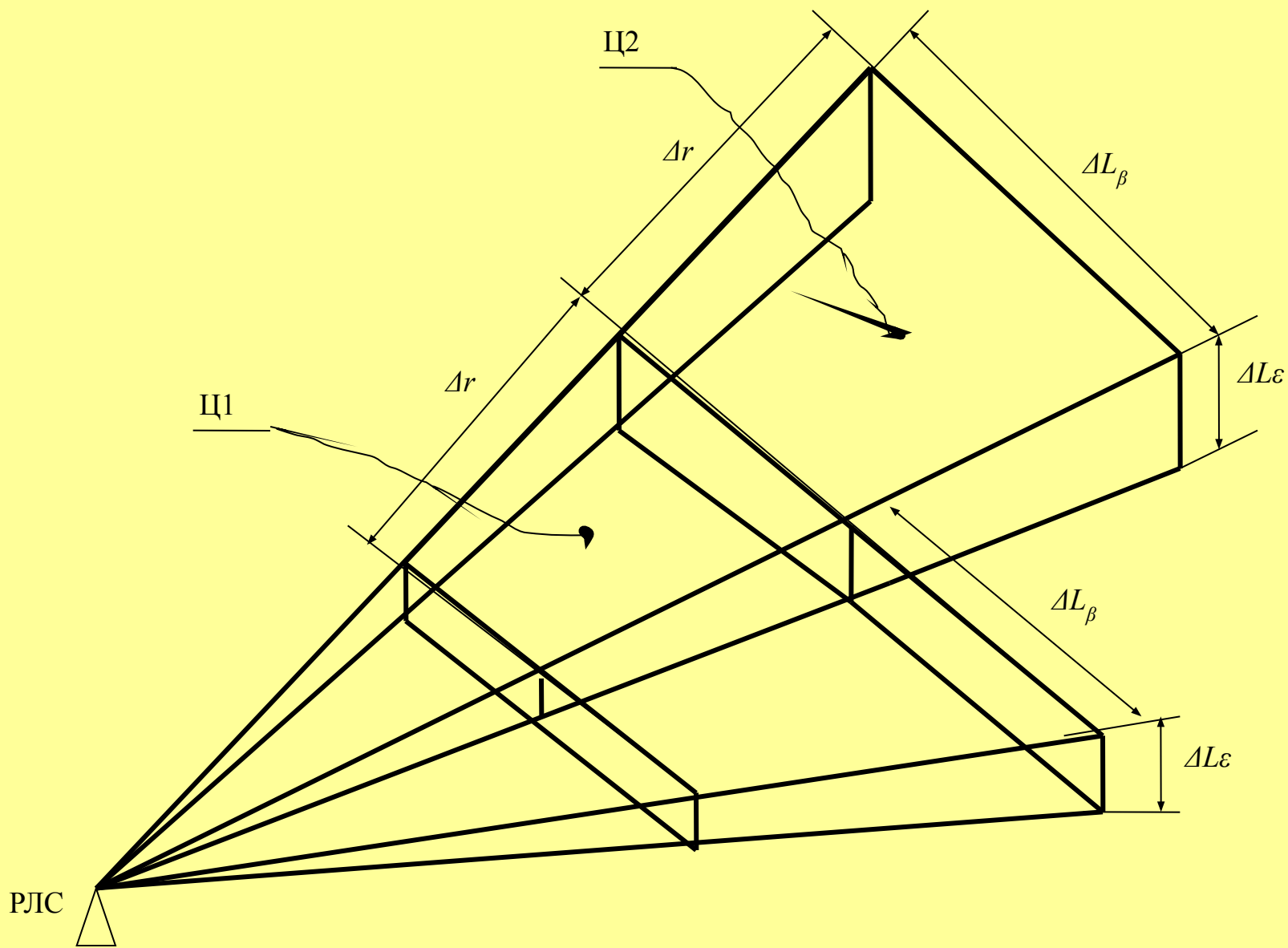
**Рис. 1. Сферична система координат**

***Параметри руху цілі:*** - швидкість цілі (радіальна  $V_r$ , тангенціальна  $V_\tau$ , шляхова  $V_u$ ), прискорення.

***Розділення цілей*** зводиться до виявлення і вимірювання координат і параметрів довільної цілі за наявності в зоні спостереження інших цілей.

В РЛ розділення цілей проводиться по дальності, кутовим координатам, швидкості і т.і.

Для характеристики роздільної здатності РЛС по координатах в РЛ вводиться поняття ***роздільний об'єм***.



**Рис.2. Пояснення до роздільної здатності**

***Розпізнавання*** складається у встановленні приналежності цілі до певного класу за результатами обробки відбитих (або випромінюваних) від неї радіолокаційних сигналів. (свій, чужий і т.і.).

# Фізичні основи РЛ. Види РЛ

*В основі радіолокації лежать наступні фізичні явища:*

- 1) Постійність швидкості розповсюдження радіохвиль в однорідних ізотропних середовищах.
- 2) Прямолінійність розповсюдження радіохвиль в однорідних ізотропних середовищах.
- 3) Відбиття радіохвиль від перешкод. Перешкодою для радіохвиль може бути будь-яка неоднорідність електричних параметрів середовища  $\varepsilon, \mu$ .
- 4) Можливість концентрування електромагнітної енергії у вузькі пучки за допомогою антен.

$$2\theta_{0.5p} = k \frac{\lambda}{L}$$

$\theta$  - кутова ширина променя,

$\lambda$  - довжина ЕМХ,

$L$  - лінійні розміри антени,

$k$  - коефіцієнт пропорційності, котрий залежить від амплітудно – фазового розподілення поля в апертурі антени.

**5). Частота ЕМХ, відбитих від рухомого об'єкту, відрізняється від частоти ЕМХ, відбитих від нерухомих об'єктів, на частоту Доплера.**

$$F_{\delta} = \pm \frac{2V_r}{\lambda}$$

де  $V_r$  - радіальна швидкість цілі (швидкість цілі у напрямку на РЛС) (рис.1).

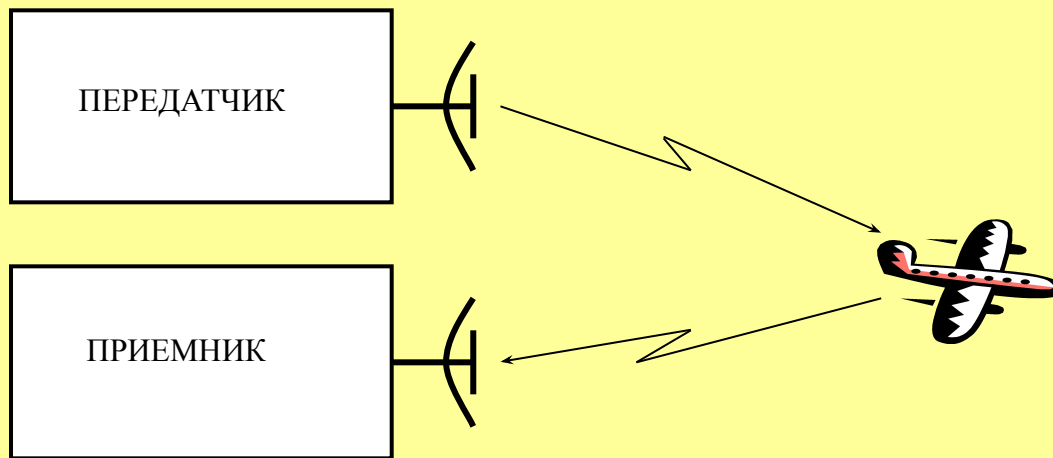
Перші три фізичних явища дозволяють визначити дальність до цілі, перші чотири – кутові координати, п'яте – радіальну швидкість цілі і виділити рухомі цілі на фоні нерухомих.



**Джерелами інформації в РЛ є радіосигнал відбитий, перевипромінений, або випромінений ціллю.**

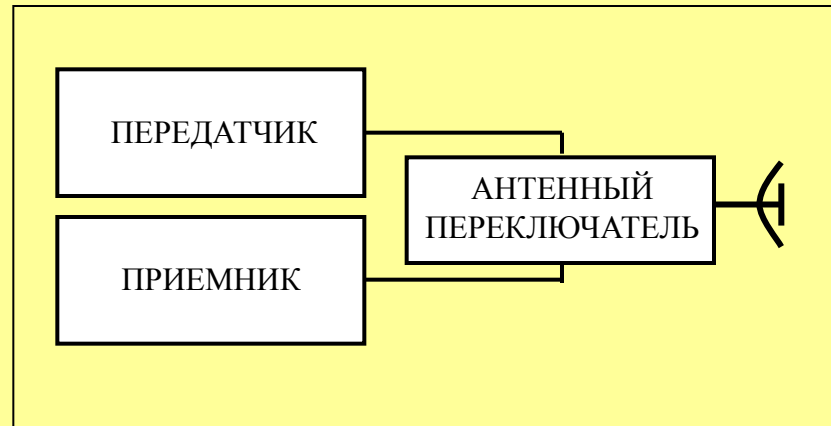
***У відповідності з цим розділяються три види РЛ:***

- активна з пасивною відповіддю;**
- активна з активною відповіддю;**
- пасивна.**



**Рис.3. Активна РЛС з пасивною відповіддю.**

**Якщо передавач і приймач знаходяться на одній позиції, то РЛС називається суміщеною.**



**Рис.4. Однопозиційна РЛС**

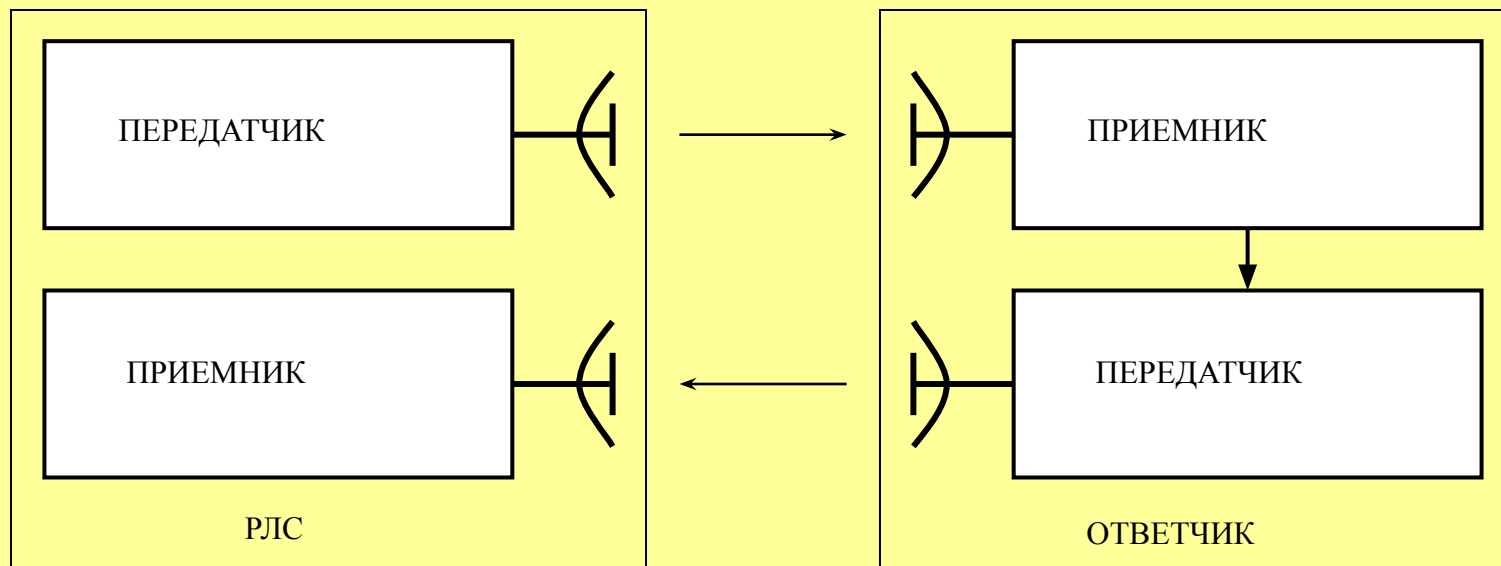
Ще бувають двопозиційні РЛС (бістатичні) і багатопозиційні. *Їх переваги:*

- високоточне визначення просторового положення цілей;
- збільшення інформації про ціль (опромінювання під різними кутами);
- підвищення перешкодозахищеності і живучості таких систем.

*Недоліки:*

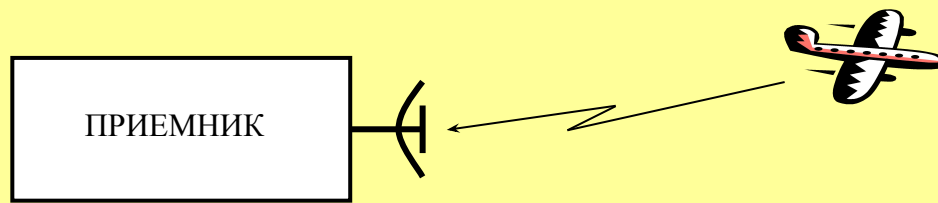
- труднощі сумісного управління;
- складність синхронізації сигналів;
- підвищені вимоги до юстирування позиції і можливостей апаратури обробки сигналів.

*Даний вид РЛ широко використовується для дальнього виявлення, цілевказівки і наведення своїх літаків і ракет на літаки (ракети) противника.*



**Рис.5. Активна РЛ з активною відповіддю**

*Даний вид РЛ використовується для підвищення дальності супроводження своїх літаків і визначення державної приналежності цілей (свій, чужий). Сигнали запиту і відповіді кодуються.*



**Рис.6. Пасивна РЛ**

*Джерелами радіосигналів є:*

- **нагріті елементи цілі (теплолокація);**
- **радіотехнічні пристрої, що знаходяться на борту цілі (зв'язку, навігації, локації, радіопротидії);**
- **коливні частинки іонізованих ділянок атмосфери навколо цілі (радіовипромінювання під час запуску ракет або ядерних вибухів).**

# Характеристика зондувального сигналу

**Радіолокаційним сигналом** називають електромагнітне випромінювання, котре несе інформацію про цілі. Сигнал що випромінюється РЛС називають **зондувальним**. Як правило, зондувальний сигнал (ЗС) являє собою модульоване високочастотне коливання

$$U(t) = A(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t) + \varphi_0] ,$$

Де  $A(t)$  – функція, що описує закон модуляції амплітуди сигналу;

$\varphi(t)$  – функція, що описує закон модуляції фази сигналу;

$\varphi_0$  – початкова фаза сигналу;

$\omega_0$  – несуча частота коливання.

Цей вираз описує ЗС у часовій формі (області, залежності). В частотній області ЗС описується за допомогою частотного спектра  $g(f)$ . Зондувальний сигнал і його частотний спектр зв'язані між собою перетворюванням Фур'є:

$$g(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} U(t) e^{-j\omega t} dt$$

## *Класифікація сигналів*

В залежності від фазової тонкої структури сигнали поділяються на когерентні і некогерентні.

*Когерентними* називають сигнали, в яких відсутні випадкові зміни фази високочастотного заповнення.

*Некогерентними* називають сигнали з випадковими змінами фази.

Інформативність сигналу визначається добутком двох параметрів: тривалості сигналу  $\tau_c$  і ширини його спектра  $\Pi_c$ , який називається базою сигналу:  $B = \tau_c \Pi_c$ .

*Простими* називають сигнали, в яких  $B \approx 1$ .

*Складними* називають сигнали, в яких  $B \gg 1$ .

Для отримання простих сигналів використовується тільки амплітудна модуляція. Складні сигнали отримують шляхом внутрішньо – імпульсної частотної модуляції або частотної і фазової маніпуляції.

**В РЛ широке застосування отримали наступні види ЗС:**

- **періодична послідовність простих радіоімпульсів;**
- **періодична послідовність складних радіоімпульсів;**
- **неперервне частотна – модульоване коливання.**



## Енергетичні параметри зондувального сигналу

1. **Миттєва активна потужність  $P(t)$**  – поточна миттєва потужність випромінюваних коливань, усереднена за період високої частоти. Найбільшу миттєву потужність називають піковою ( $P_{\text{пik}}$ ). Значення  $P_{\text{пik}}$  визначає вимоги до електричної міцності антенна – хвилевидного тракту (рис.7).

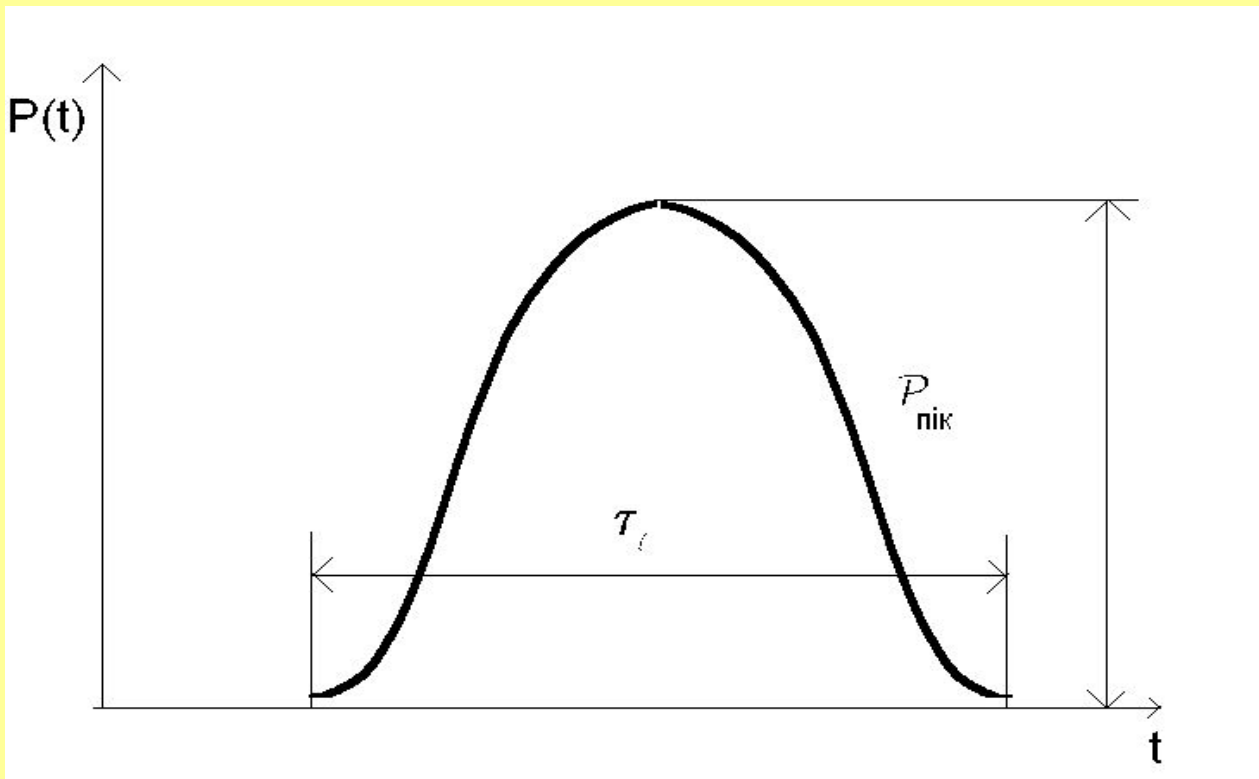


Рис.7. Пояснення параметрів імпульсу

**2. Імпульсна потужність  $P_i$**  – миттєва активна потужність усереднена за час тривалості імпульсу.

$$P_i = \frac{1}{\tau_i} \int_0^{\tau_i} P(t) dt$$

Для імпульсів прямокутної форми  $P_i = P_{\text{пик}}$

**3. Енергія імпульсу  $W_i$**

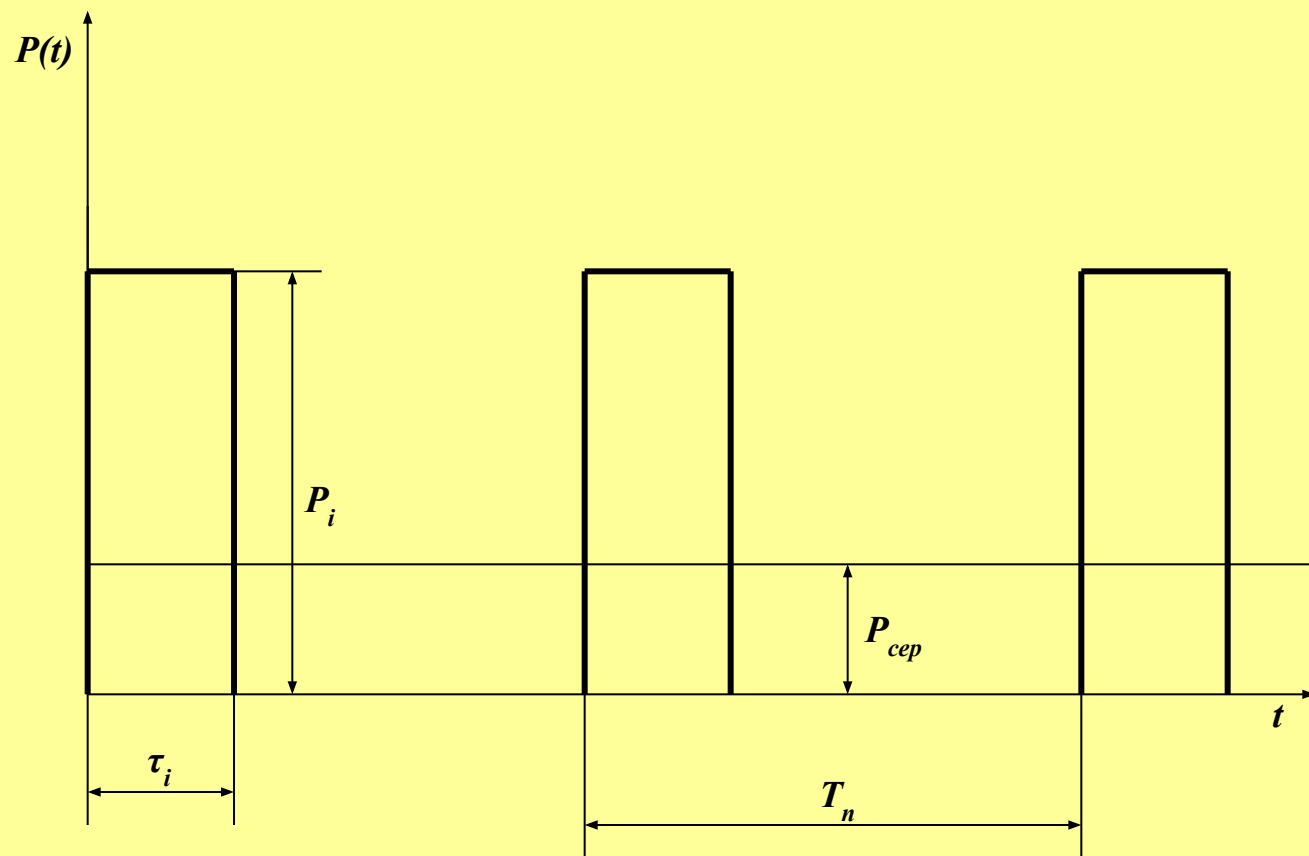
$$W_i = \int_0^{\tau_i} P(t) dt = P_i \tau_i$$

**4. Середня потужність  $P_{\text{сер}}$**  – миттєва активна потужність, усереднена за період повторення зондувальних імпульсів  $T_n$  (рис.8).

$$P_{\text{сер}} = \frac{1}{T} \int_0^{\tau_i} P(t) dt = \frac{W_i}{T_n} = \frac{P_i}{Q}$$

де  $Q = T_n / \tau_i$  - скважність імпульсів.

В сучасних РЛС скважність складає 100÷1000.



**Рис.8. Пояснення параметрів періодичного сигналу**