

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(национальный исследовательский университет)

Кафедра общей физики

# **Как обнаружить низко летящий самолет?**

Выполнил студент 2 курса ФАКТ группы Б03-106  
Деревянченко Михаил

**Цель работы:** исследовать способ обнаружения летательных аппаратов на малых и предельно малых частотах.

## Введение

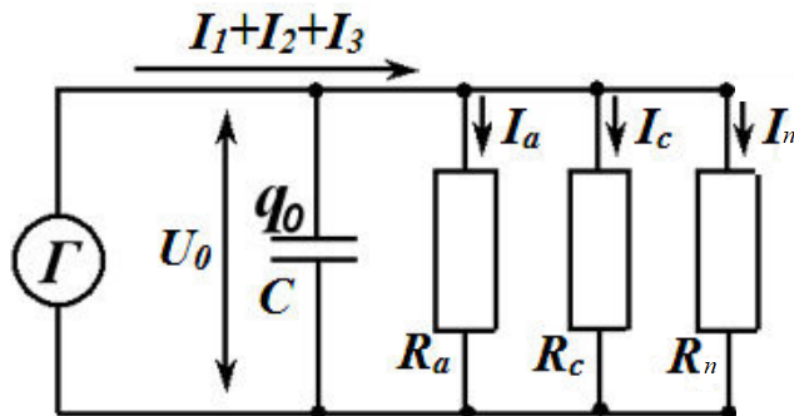
Основу современных средств обнаружения летательных аппаратов (ЛА) составляют радиолокационные станции (РЛС) различного назначения, однако в силу известных причин они практически не решают своей задачи, когда полет ЛА совершают на малых высотах. Поэтому интенсивно ведутся работы по поиску новых методов и средств обнаружения НЛЦ(низко летящих целей).

Один из них основан на использовании собственного заряда ЛА, а также пассивной радиолокации.

# Теория

## 1. Электризация ЛА в процессе полета

Процесс заряда-разряда самолета в полете характеризует данная эквивалентная электрическая схема:



где

$I_1, I_2, I_3$  – токи заряда ЛА;

$I_a, I_c, I_n$  – токи разряда;

$C$  – емкость ЛА;

$R_a$  – эквивалентное сопротивление, по которому заряд стекает в атмосферу;

$R_c$  – эквивалентное сопротивление статических разрядников;

$R_n$  – прочее сопротивление

Пример: ТУ-104

$h = 10\text{км}$

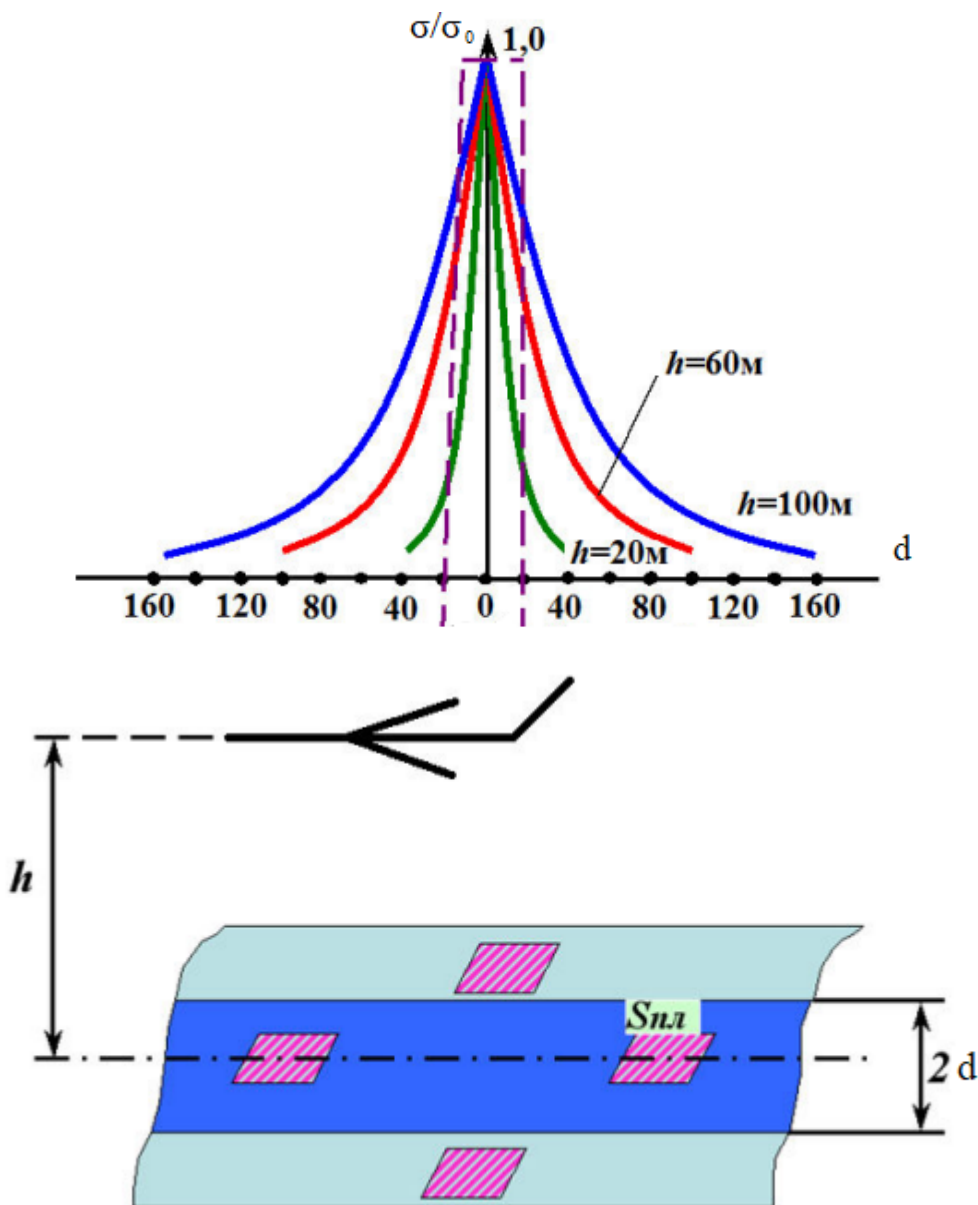
$V = 1.5\text{ МВ}$

$Q \sim 10^{-6}\text{-}10^{-3}\text{Кл}$

$I = 10\text{мА}$

$\Gamma = 10\text{кВт}$

В силу закона электростатической индукции, на земной поверхности в зоне нахождения ЛА наводится точно такой же, но противоположный по знаку электростатический заряд.



## 2. Явления и приближения в рассматриваемой модели

1) Поверхностная оболочка Земли (за исключением ледовых районов) является хорошо проводящей, следовательно эквипотенциальной, и образует с поверхностью ЛА конденсатор с воздушным диэлектриком.

2) На определенном участке полета, протяженность которого определяется скоростью полета, быстродействием системы управления, допустимыми нагрузками конструкции и т.д., высота полета ЛА по отношению к микронеровностям земной поверхности и предметами на ней представляет собой некоторое усредненное значение, отклонение от

которого обязательно имеет место. Это обстоятельство вызывает соответствующее изменение емкости системы «ЛА – поверхность Земли», а при наличии на ней электрического заряда – появление тока смещения через емкость «ЛА – поверхность Земли».

3) ЛА при полете на малых высотах являются источником возмущений электромагнитного поля (ЭМП), спектр которых находится в области инфранизких частот (десятые доли – десятки Гц). Источник возмущения ЭМП по существу является параметрическим генератором.

4) С учетом частотного диапазона обозначенных выше возмущений ЭМП этот источник может рассматриваться как точечный излучатель.

### 3. Регистрация возмущения электромагнитного поля

Электромагнитное поле в диапазоне сверхнизких частот непостоянно. Оно претерпевает хаотические изменения, вызванные как природными явлениями, так и деятельностью человека.

При оценке уровня флуктуаций плотности тока смещения будем опираться не на возможное аналитическое решение, а на экспериментальные данные. Так, порог чувствительности регистрирующего устройства, определяемый уровнем флуктуации плотности вертикального атмосферного тока примем равным  $10^{-20}$  А/см<sup>2</sup>.

Плотность тока смещения как функция тока излучателя  $I_m$  и расстояния  $R$  до источника излучения, высоты полета  $h$  имеет вид:

$$\delta_{\theta, M}(t) = \frac{I_m \cdot h \cdot \sin \theta}{4\pi} \times \left[ \frac{\sin\left(\omega t - \frac{\omega R}{c}\right)}{R^3} + \frac{\omega}{R^2 \cdot c} \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\omega R}{c}\right) \right]$$

Для удобства условимся:

$$0,1 \frac{1}{R^3} \geq \frac{\omega}{R^2 \cdot c}.$$

Тогда, например, при частоте 30 Гц -  $R \leq 160$  км, а амплитудное значение плотности тока смещения равно:

$$\delta_{\theta \text{ макс}} = \frac{I_m \cdot h}{4 \pi R^3}.$$

В итоге, можно оценить максимальную дальность обнаружения НЛЦ:

$$R_{\text{макс}} \leq \sqrt[3]{\frac{i \cdot h}{4 \pi \cdot \Delta j_{\text{пр. мин}}} \cdot \frac{V_i}{V_{\text{экв}}}}$$

где

$i$  – ток заряда ЛА в установившемся режиме полета;

$h$  – высота полета;

$V_i/V_{\text{экв}}$  — относительное изменение объема;

$\Delta j_{\text{пр. мин}}$  — порог чувствительности регистрирующего устройства.

Расчитанная дальность обнаружения самолета АН-26 при  $h=50$  м, перепаде высот  $\Delta h=5$  м, составляет 50-60 км. При проведении испытаний дальность обнаружения составила около 70км.

## 4. Итог

Эффект изменения уровня вертикальных токов электричества атмосферы, вызванный низколетящей целью, может быть положен в основу принятия решения о наличии цели в пределах дальности обнаружения.