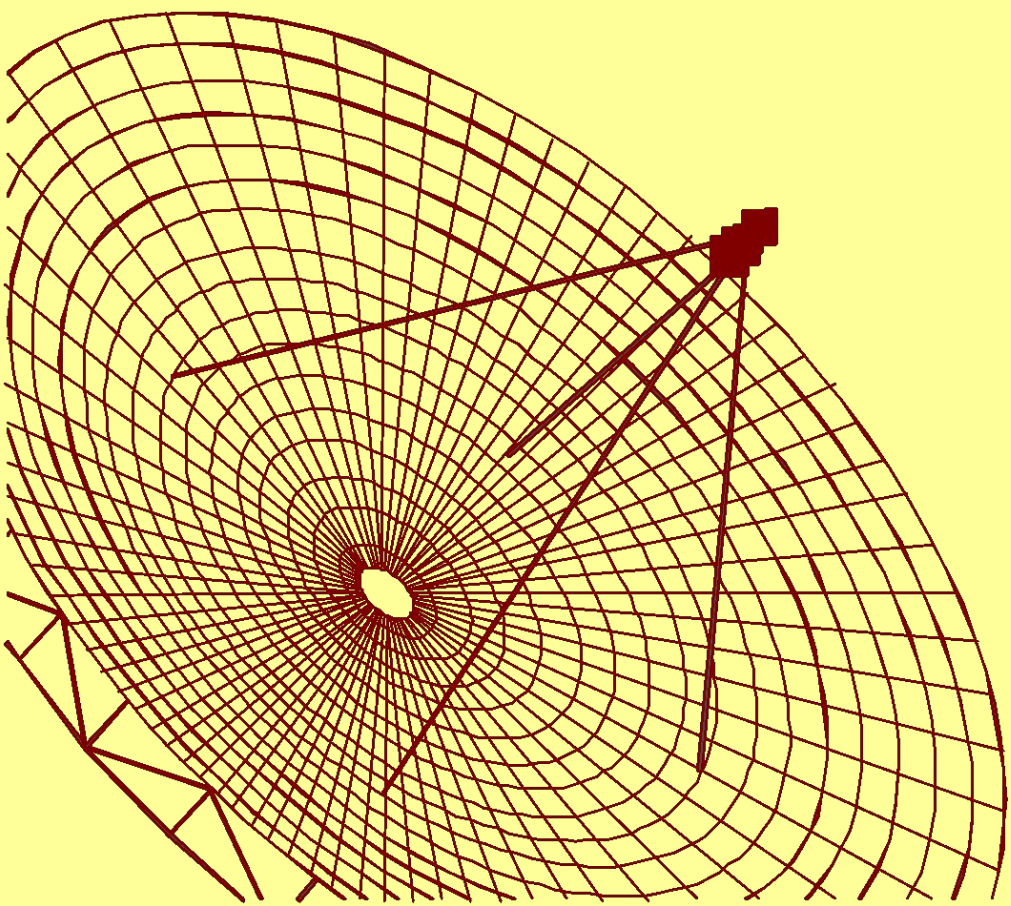


История радиолокации



«Локация» - определение местоположения объекта.

В зависимости от вида используемых сигналов различают:

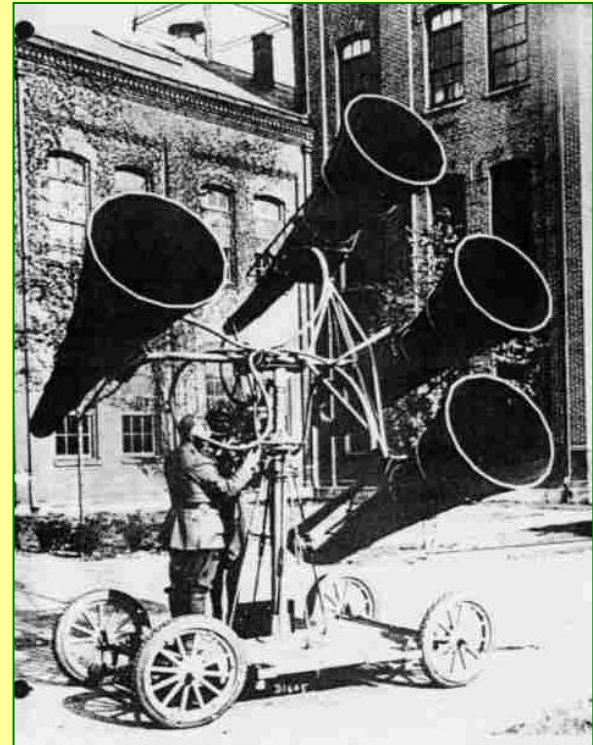
- радиолокацию;
- оптическую локацию;
- тепловую локацию;
- звуковую локацию;
- гидролокацию.

Звуковая локация

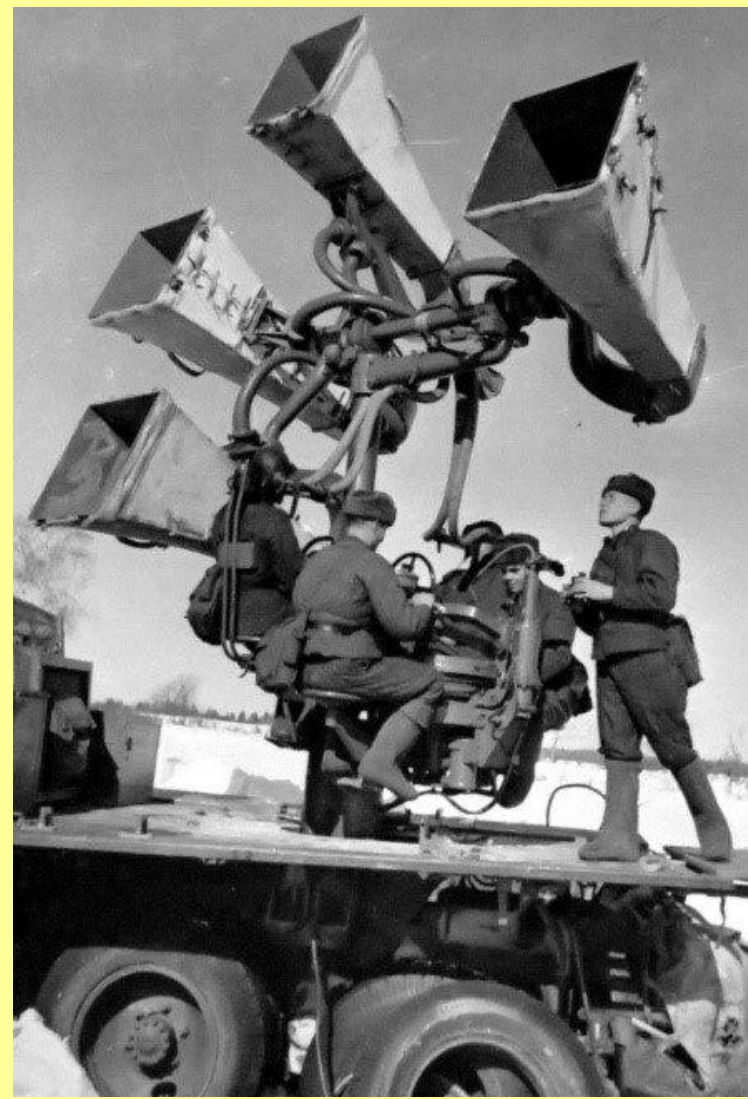
Обнаружение самолетов по звуку их двигателей впервые применено в годы 1-й Мировой войны



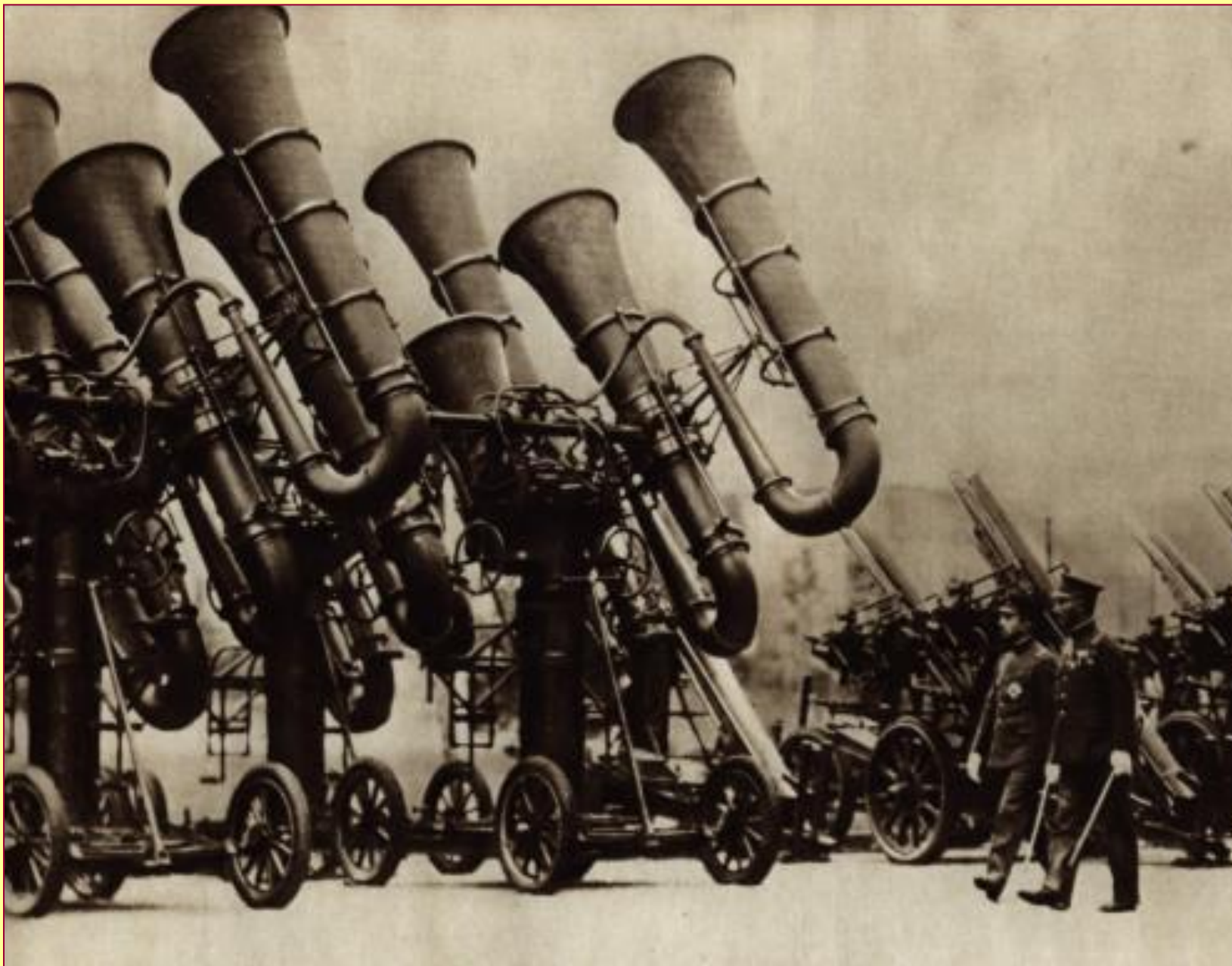
Звукоулавливатель самолетов (ЗУС) в составе ПУАЗО – приборов управления артиллерийским зенитным огнем, СССР, 1930 г.



Звуколокатор,
Великобритания







Звуколокаторы
японской армии

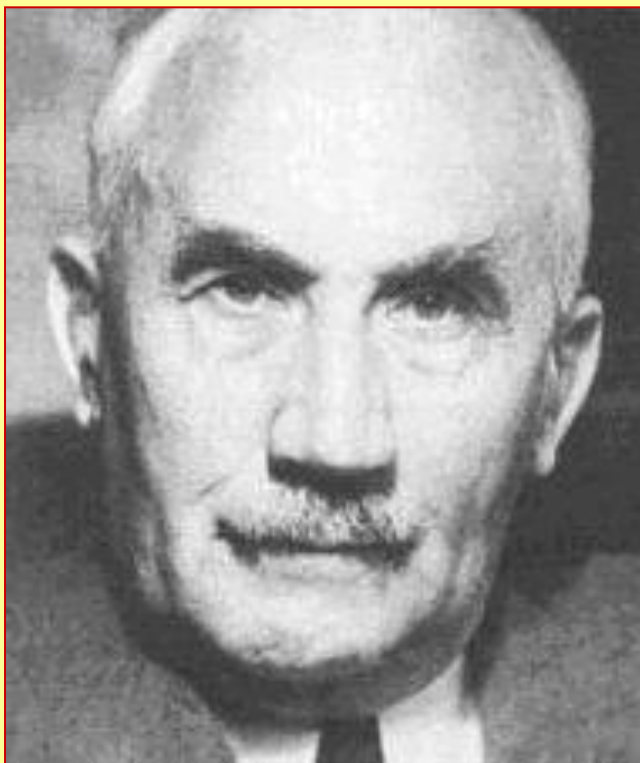
Впервые отражение радиоволн наблюдал и экспериментально исследовал Г. Герц в 1888 г.



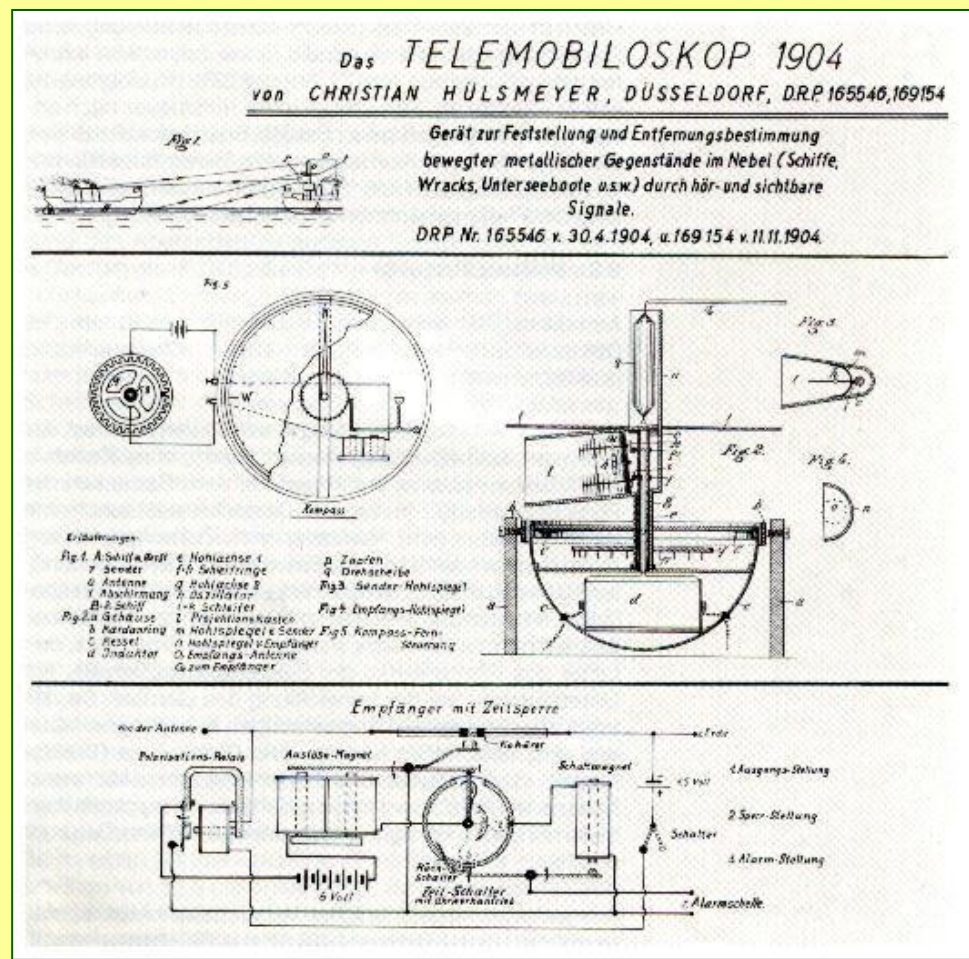
А.С. Попов в 1897 г. во время опытов по радиосвязи на Балтийском море зарегистрировал влияние корабля, пересекающего радиотрассу, на уровень принимаемого сигнала.

Первый патент на радиолокатор

К. Хюльсмайер (Германия, 1904 г.): «Телемобилоскоп» - устройство для обнаружения корабля по отраженным от него радиоволнам.



Кристиан Хюльсмайер



«Телемобилоскоп» К. Хюльсмайера



Действующий макет: дальность действия 3 км.

Принципы радиолокации, заложенные Хюльсмайером

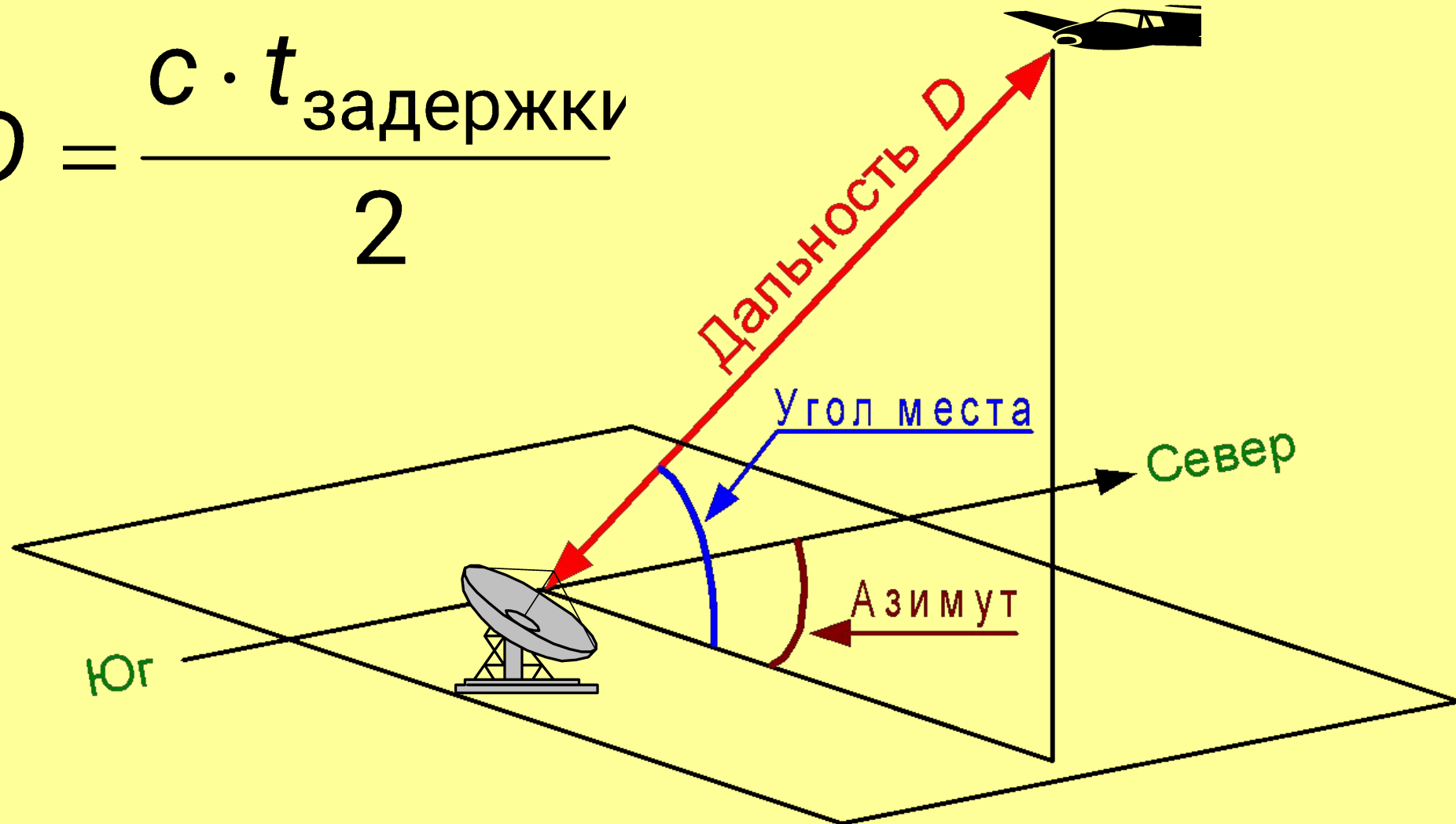
Активная локация основана на излучении локатором зондирующего сигнала и приеме сигнала, отраженного от объекта.



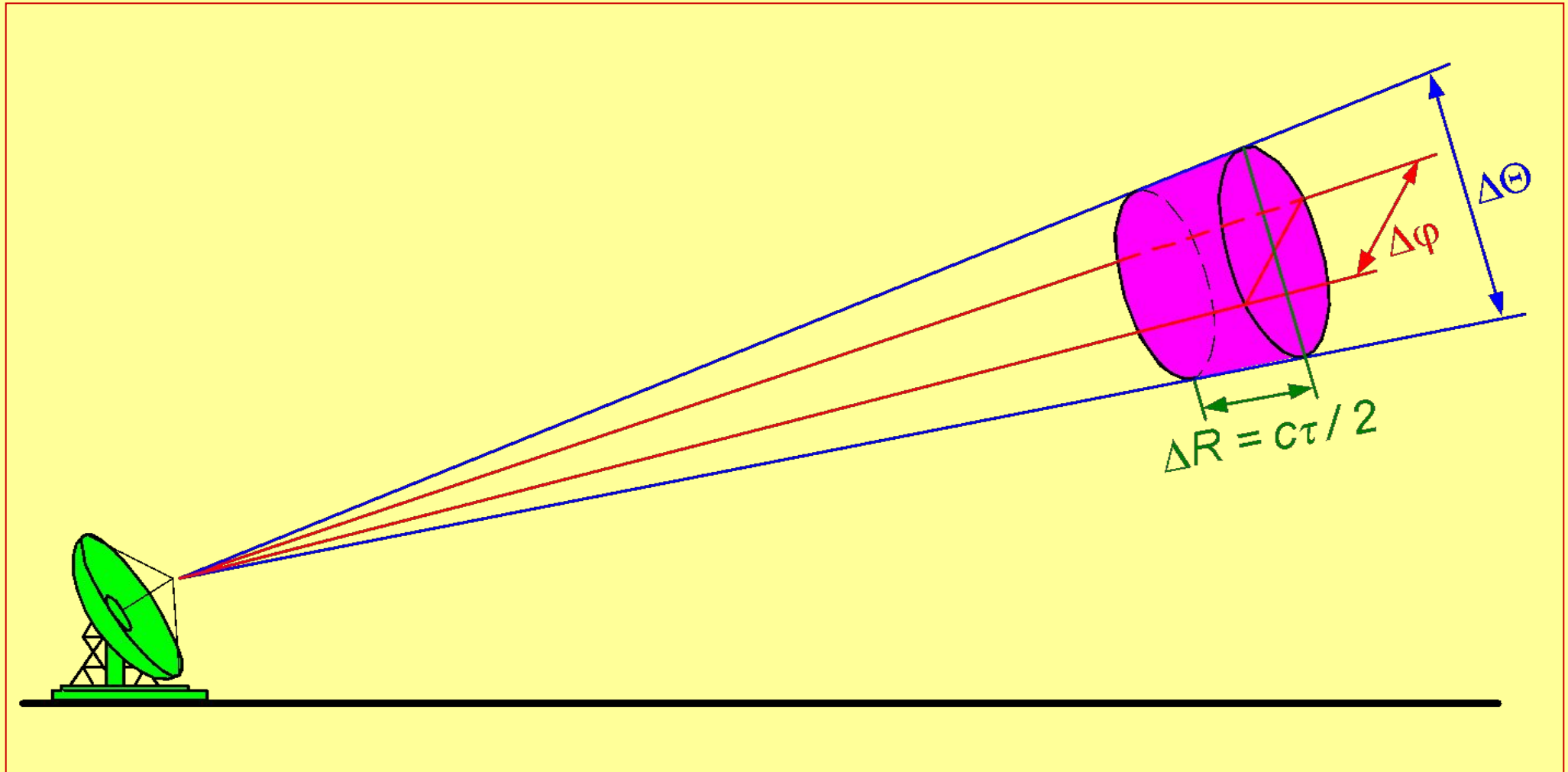
Пассивная локация основана на приеме сигналов, излучаемых самим объектом.

Измерение дальности и угловых координат цели

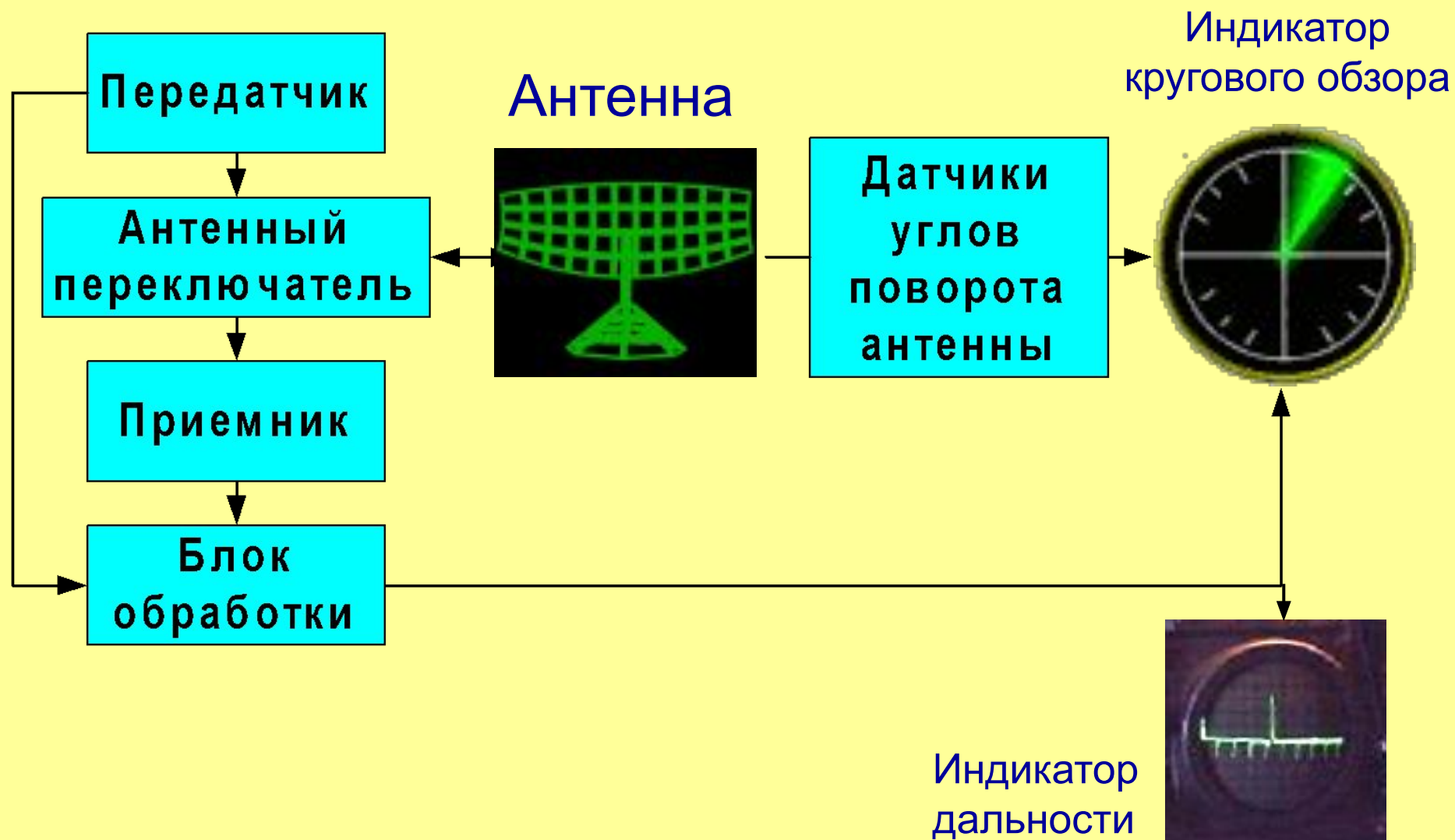
$$D = \frac{c \cdot t_{\text{задержки}}}{2}$$



Разрешающая способность РЛС по дальности обусловлена длительностью импульса τ , а по угловым координатам – азимуту и углу места) – шириной диаграммы направленности антенны $\Delta\Theta$ и $\Delta\phi$.



Состав импульсной радиолокационной системы (РЛС)



Скорость объекта может быть вычислена по измеренным значениям его координат в разные моменты времени или определена с использованием **эффекта Доплера**: при взаимном сближении излучателя и приёмника длина волны, воспринимаемая приемником, уменьшается по сравнению с длиной волны излучателя, а при удалении – увеличивается.

Попытка продолжить исследования Хюльсмайера была предпринята в России в 1914 г.

В 1922 г. в США выдвинута идея о применении интерференции непрерывных колебаний для обнаружения движущихся объектов.

В 1924 г. в Великобритании измерена высота ионосферы по отраженному непрерывному сигналу, в 1925 г. в США – то же на импульсном сигнале.

В 1930 г. советские ученые Леонид Мандельштам и Николай Папалекси разработали теорию измерения расстояний с помощью интерференции волн.

Первые практические результаты в радиолокации получены в 1934 г. в СССР, Германии, США, Великобритании

Вопрос о приоритете остается открытым.

В СССР разработкой радиотехнических средств оборонного назначения руководили **М.А. Бонч-Бруевич** и **А.И. Берг**.
Первый проект РЛС предложил **П.К. Ощепков**.



М.А. Бонч-Бруевич



А.И. Берг



П.К. Ощепков

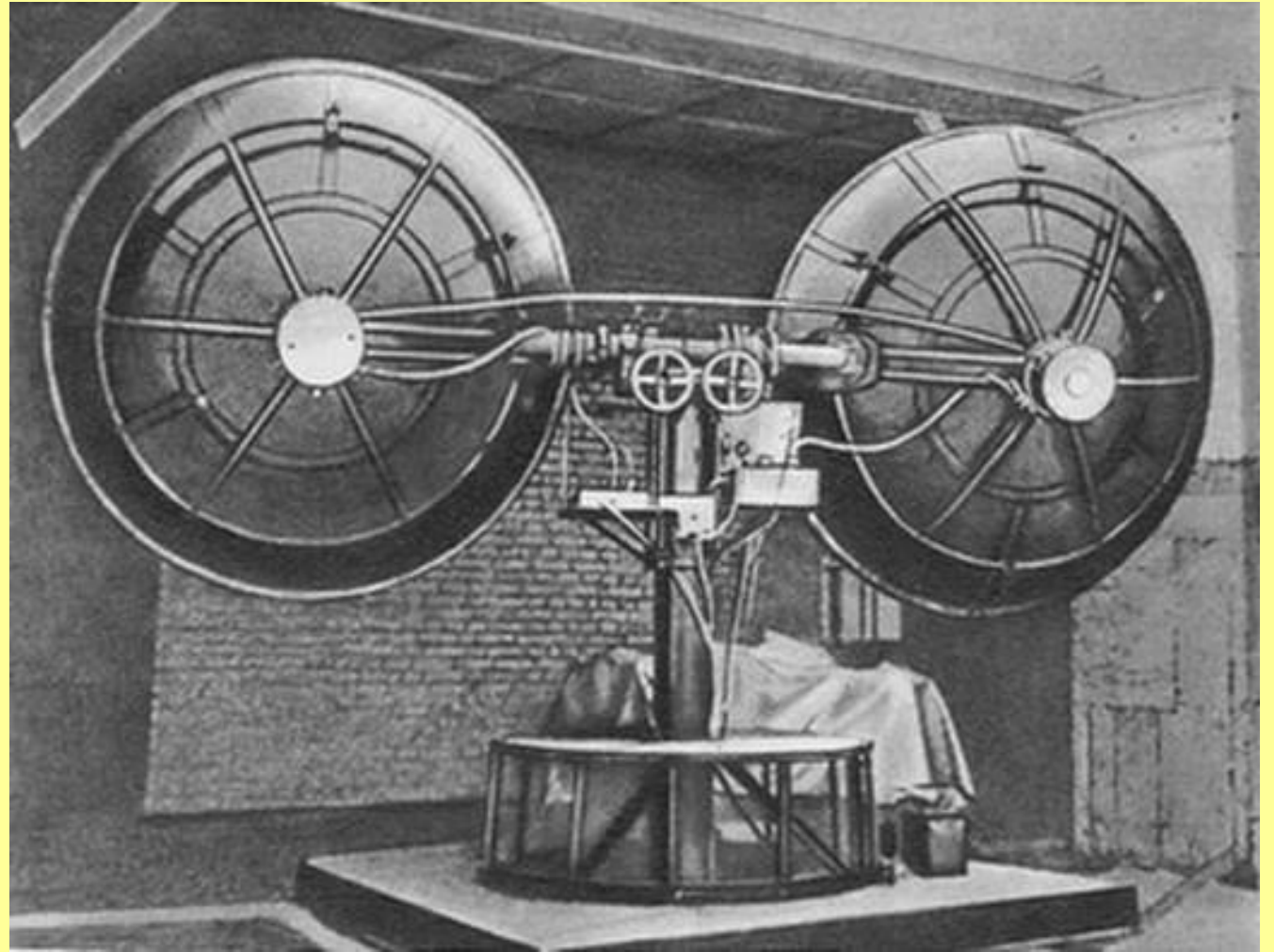
После первых удачных экспериментов к работам по радиообнаружению самолетов была привлечена группа инженеров под руководством **Б.К. Шембеля**.

В рамках проекта системы радиообнаружения самолетов «Электровизор» были разработаны опытные образцы нескольких радиопеленгаторов и радиоискателей с антеннами разных типов.

Двухантенный радиолокатор. СССР, 1935 г.



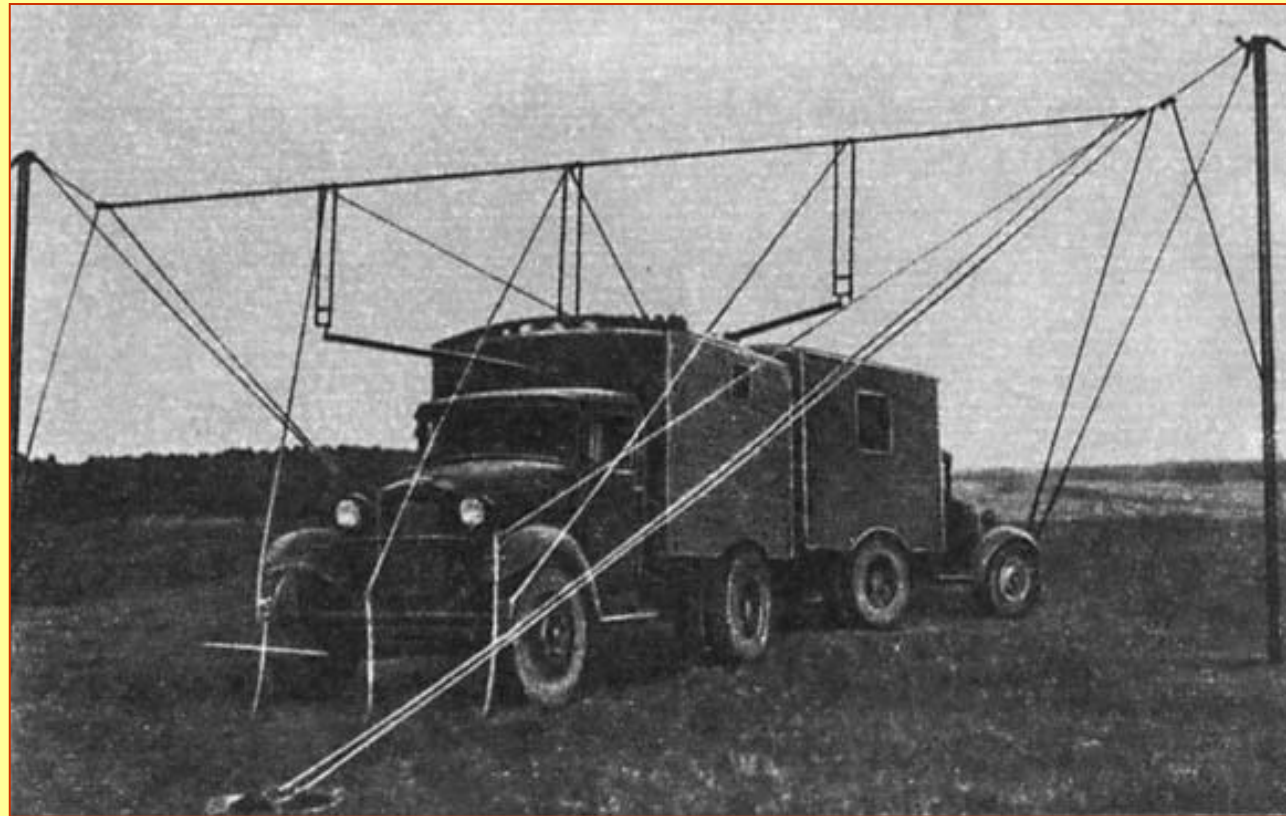
Шембель Б.К.

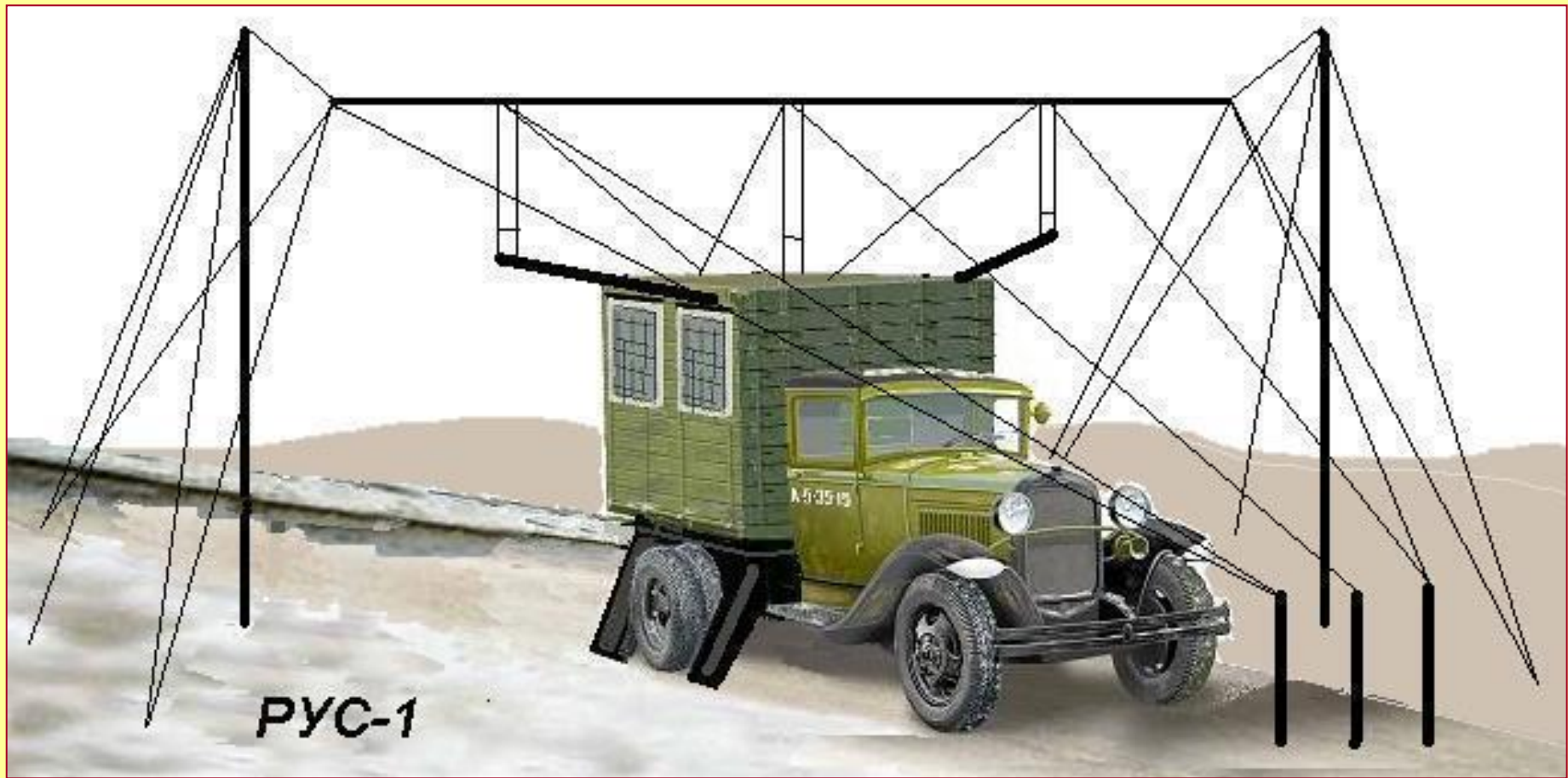


Двухантенный радиолокатор «Буря».
СССР, 1935 г.

Первая отечественная серийная РЛС РУС-1 на базе опытной установки «Ревень»

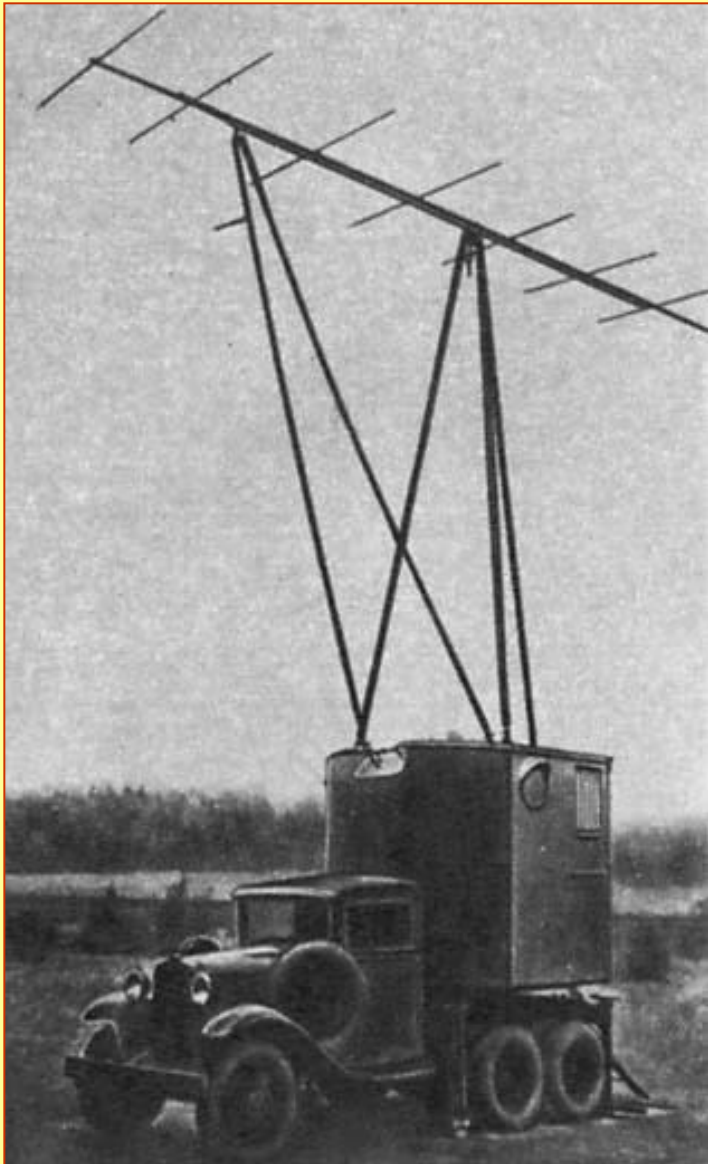
Разработана в 1938 г. на основе идей П.К. Ощепкова в КБ Д.С. Стогова.
Принята на вооружение в 1940 г. Первое боевое применение во время
финской военной кампании 1939 – 1940 гг.





Принцип действия РУС-1: создание радиозавесы, при пересечении которой фиксируются биения, вызванные интерференцией прямой и отраженной волн.

Импульсная РЛС РУС-2, 1940 г. («Редут», 1941 г.)



Разработчики РЛС РУС-2: А.А. Малеев, Ю.Б. Кобзарев, П.А. Погорелко, Н.Я. Чернецов

Технические характеристики РЛС РУС-2:

Раздельные передающая и приёмная антенны, установленные на крышах синхронно вращающихся кабин-аппаратных (в режиме обзора – 1 оборот/мин).

Высота подъема антенны 12м.

Рабочая частота 75 МГц.

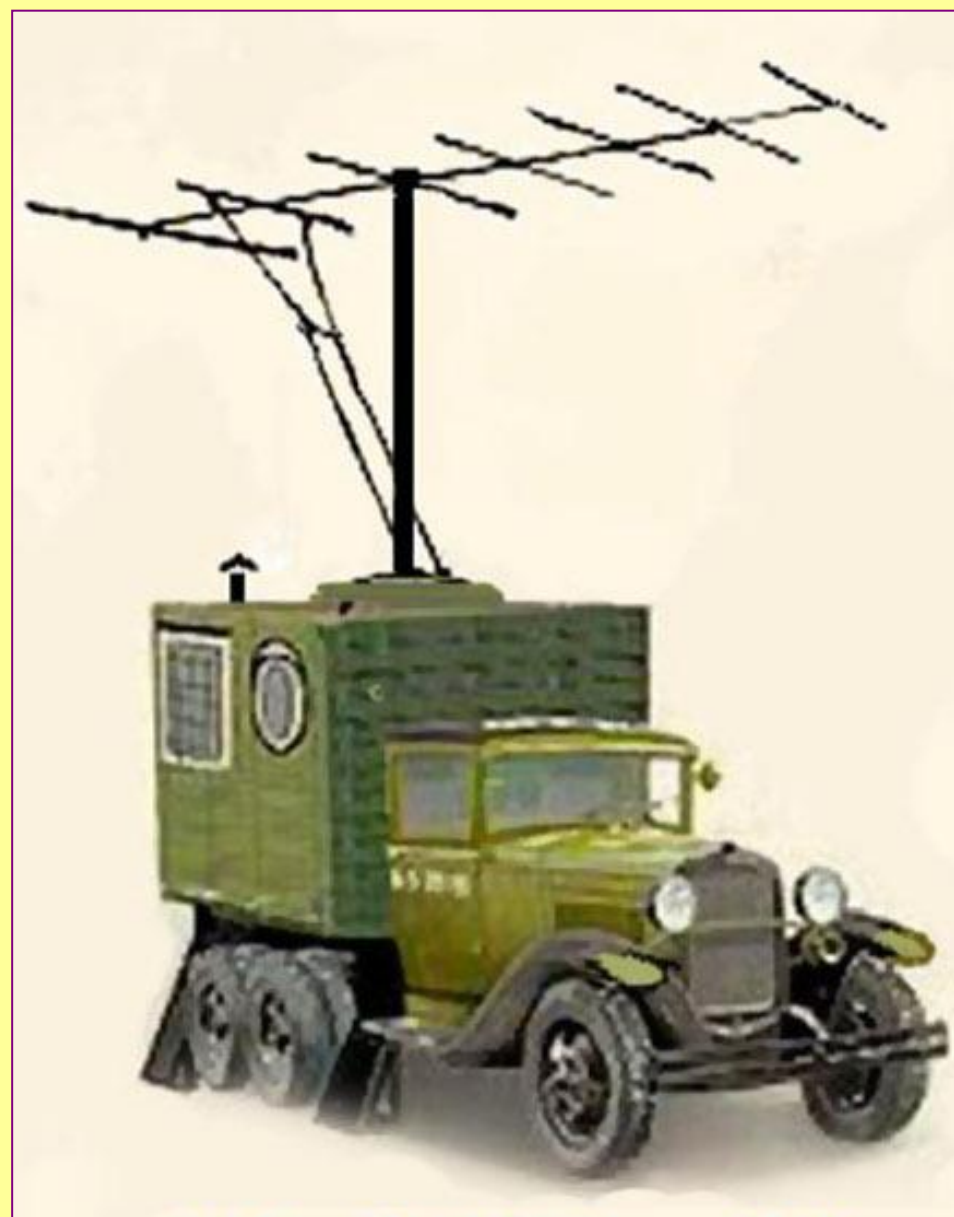
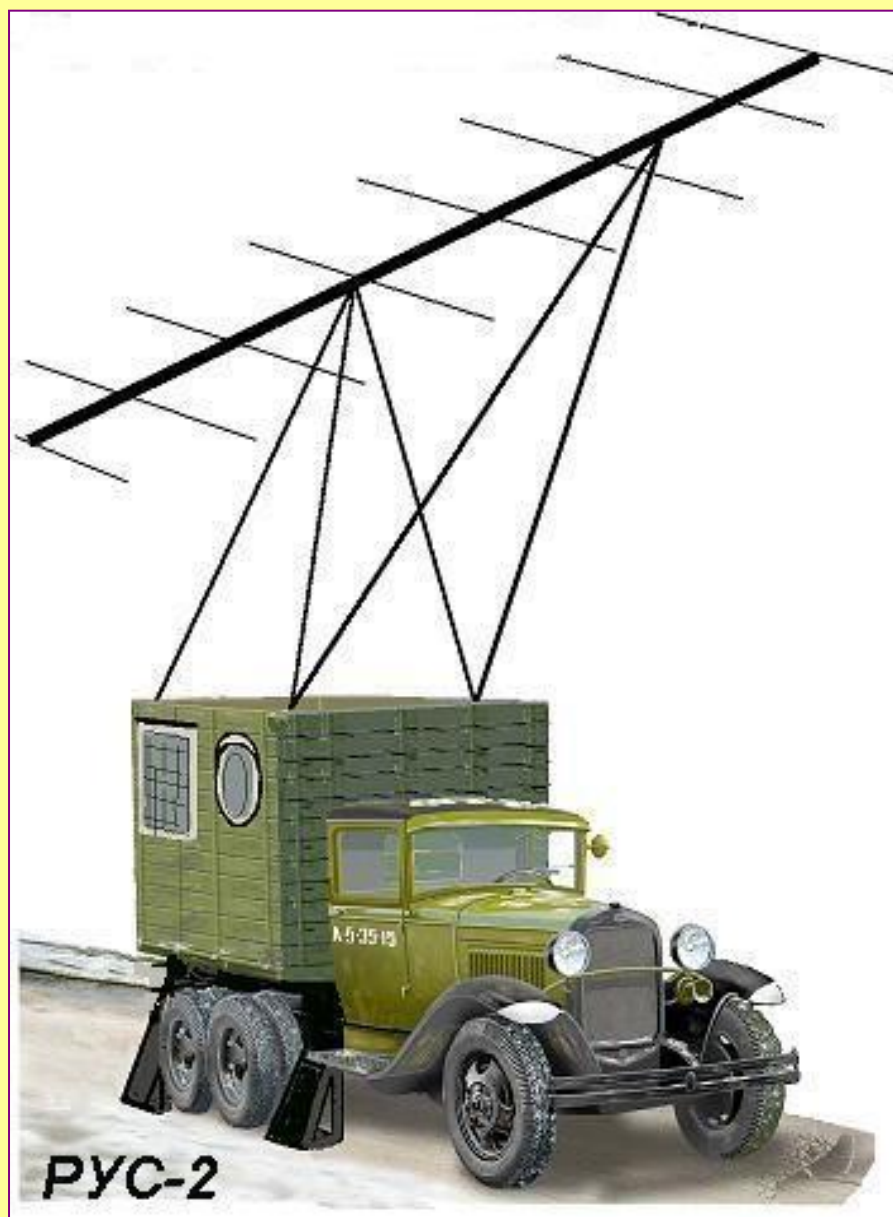
Мощность излучения 70 – 120 кВт.

Максимальная дальность обнаружения 150 км.

Особенности усовершенствованной РЛС «Редут»:

Одна вращающаяся приёмо-передающая антенна на крыше неподвижной кабины.

Максимальная дальность обнаружения 200 км.





Экран РЛС РУС-2 «Редут»

Кронштадтское сражение

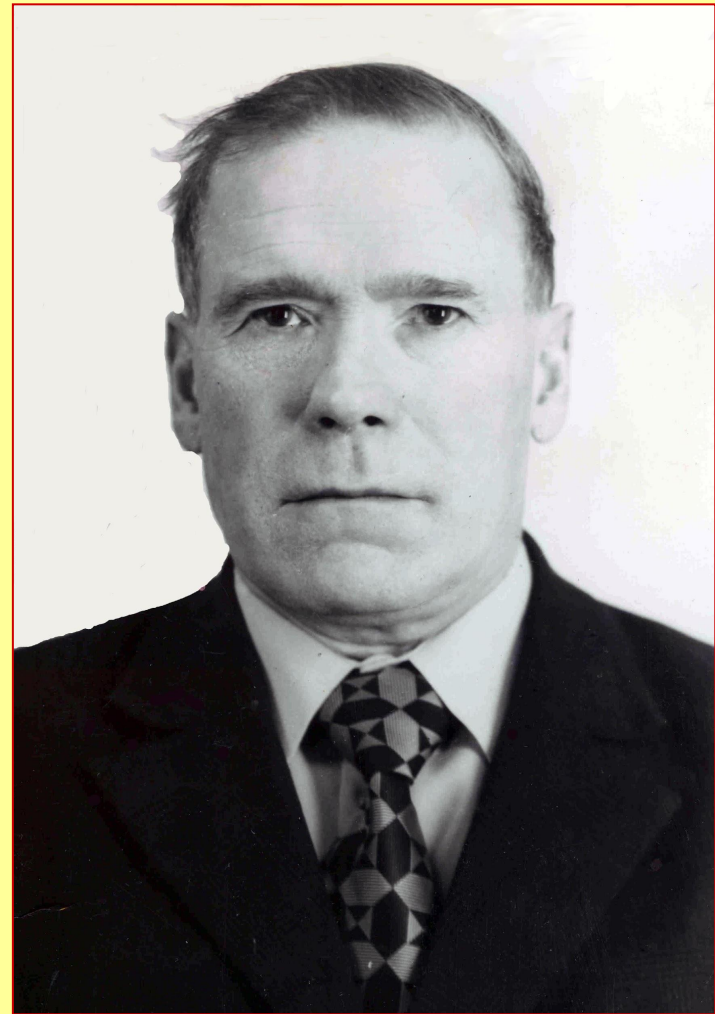
21, 22 и 23 сентября 1941 г.



Применение РЛС «Редут» обеспечило раннее обнаружение немецких самолетов. Был спасен Балтийский флот, защищавший Ленинград с моря.



Григорий Иванович Витвицкий,
В 1941 г. – старший лейтенант,
командир расчета РЛС «Редут»



В 70-х годах - преподаватель
кафедры «Радиотехника» ППИ



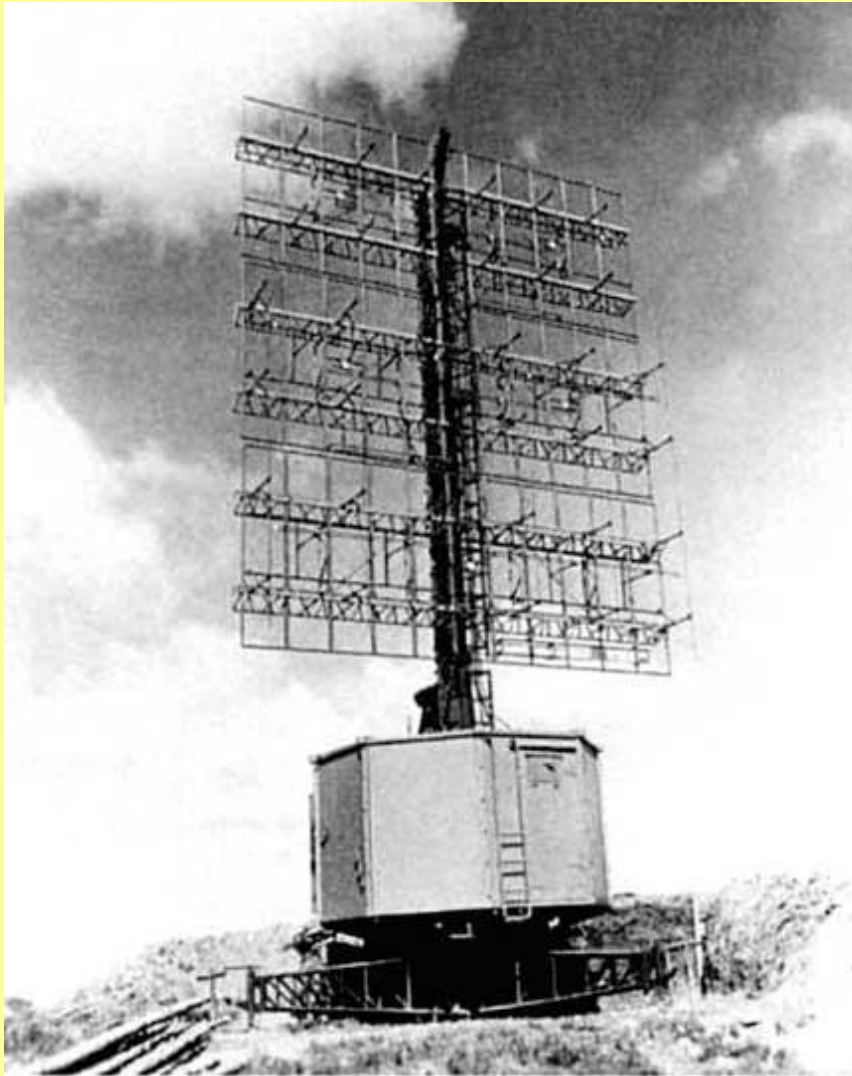
Первая серийная советская авиационная РЛС «Гнейс-2», 1942 г.

В Германии исследования в области радиолокации также начались в 1934 г. под руководством **Ханса Хольмана** (Hans Erich Hollmann). Уже к 1935 г. были достигнуты серьезные успехи, а в 1937 г. на вооружение Германии были поставлены РЛС «Freya», «Seetakt» и др.

Хольман впервые в истории применил в РЛС магнетроны. Перед началом второй мировой войны Хольман эмигрировал в США и во многом способствовал развитию американских РЛС.



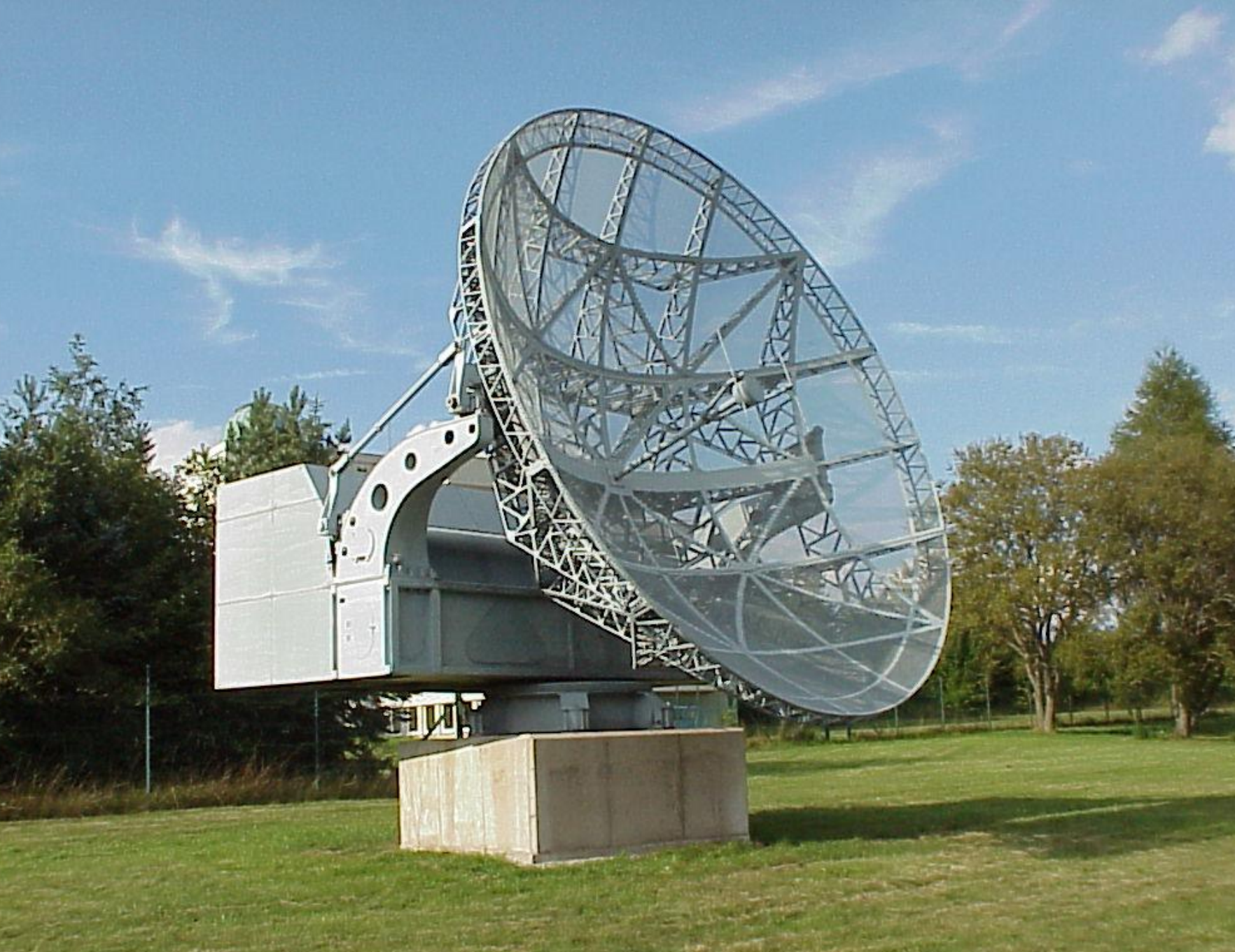
РЛС Германии времен Второй мировой войны



РЛС Freya



РЛС Seetakt: Частота 368 - 390 МГц, длина волны 82 - 77 см. Длительность импульса 3 мкс, период повторения 2000 мкс.



РЛС
Wurzburg-Riese
(Германия)

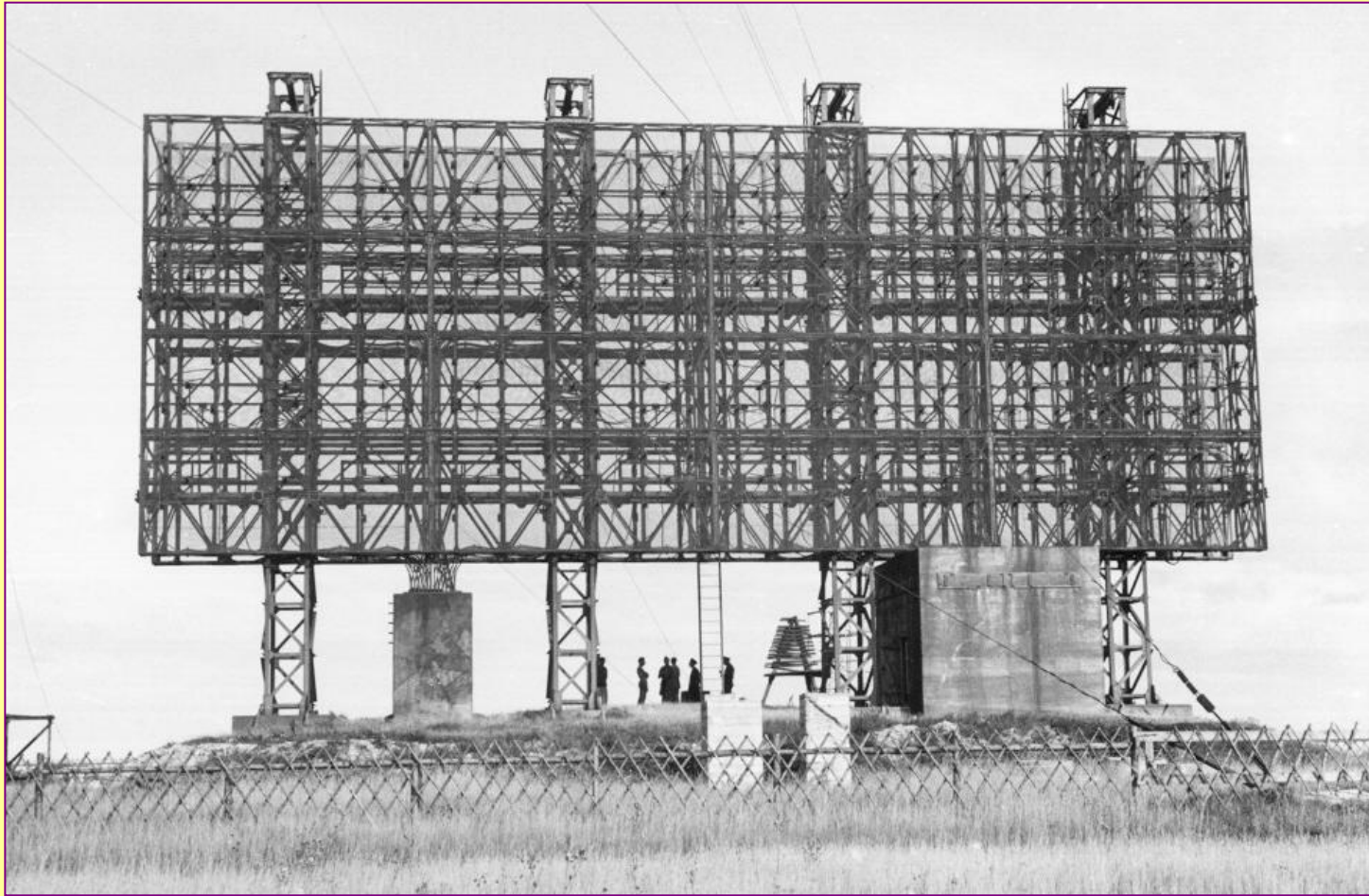
Частота 560 МГц.
Диаметр зеркала
7,5 м.



РЛС
Wurzburg-Riese
(Германия)



РЛС «Маммут» (Германия, 1942 г.)



Первая в мире фазированная антенная решетка.

Размеры вибраторной антенной решетки: 30x18м.
Частота 187 - 220 МГц.
Мощность передатчика 200 кВт. Дальность обнаружения до 300 км.

Ширина диаграммы направленности (ДН) 3,5 градуса.

Электронное сканирование ДН в вертикальной плоскости от 5 до 15 градусов, в горизонтальной плоскости ± 50 градусов.

РЛС Chain Home (Великобритания, 1939 г.)



Мачта 110 м. Антенны – вибраторные.
Мощность 350 кВт. Частота 20 – 30 МГц.
Длительность импульса 20 мкс,
период повторения 40 мс.

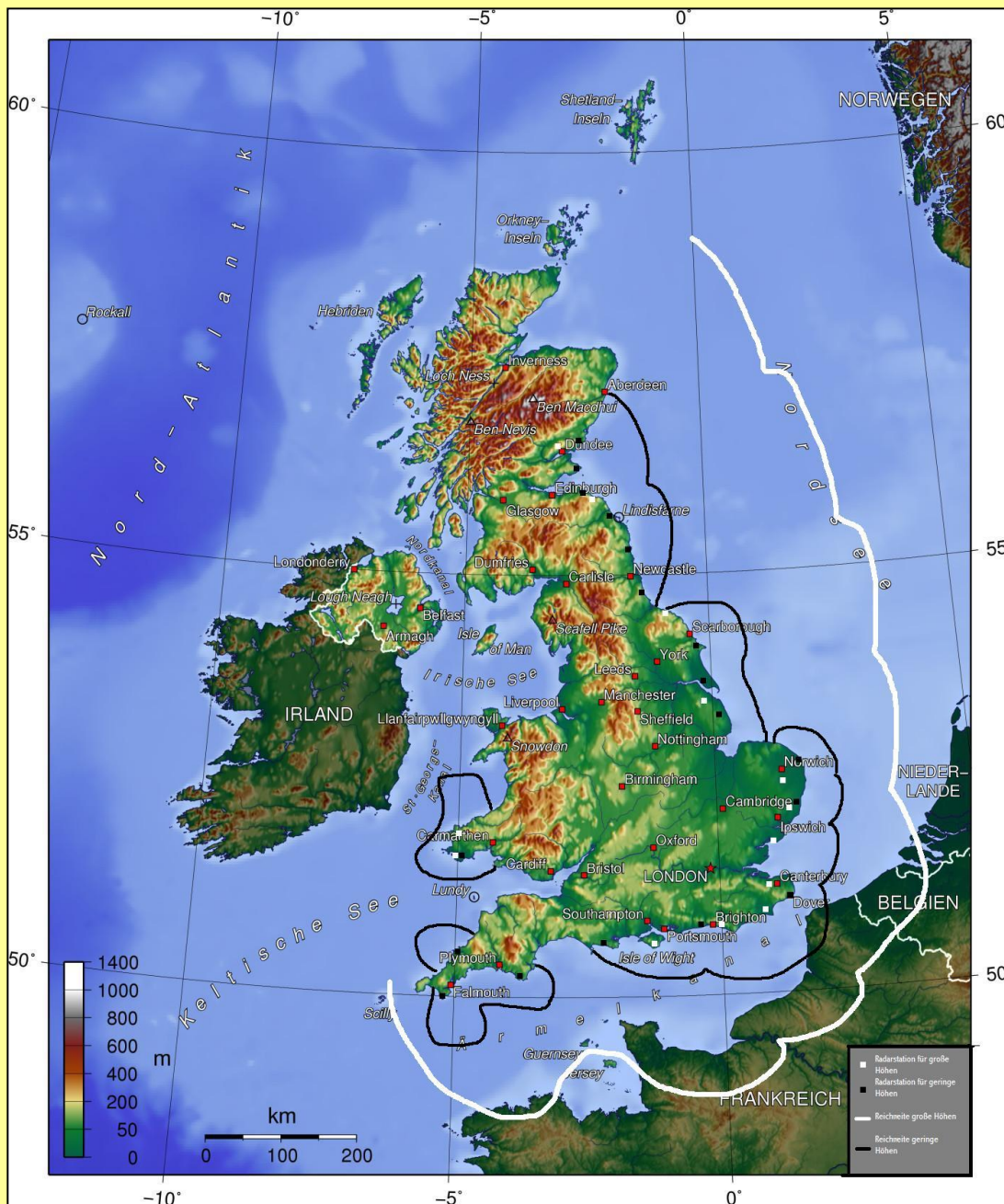


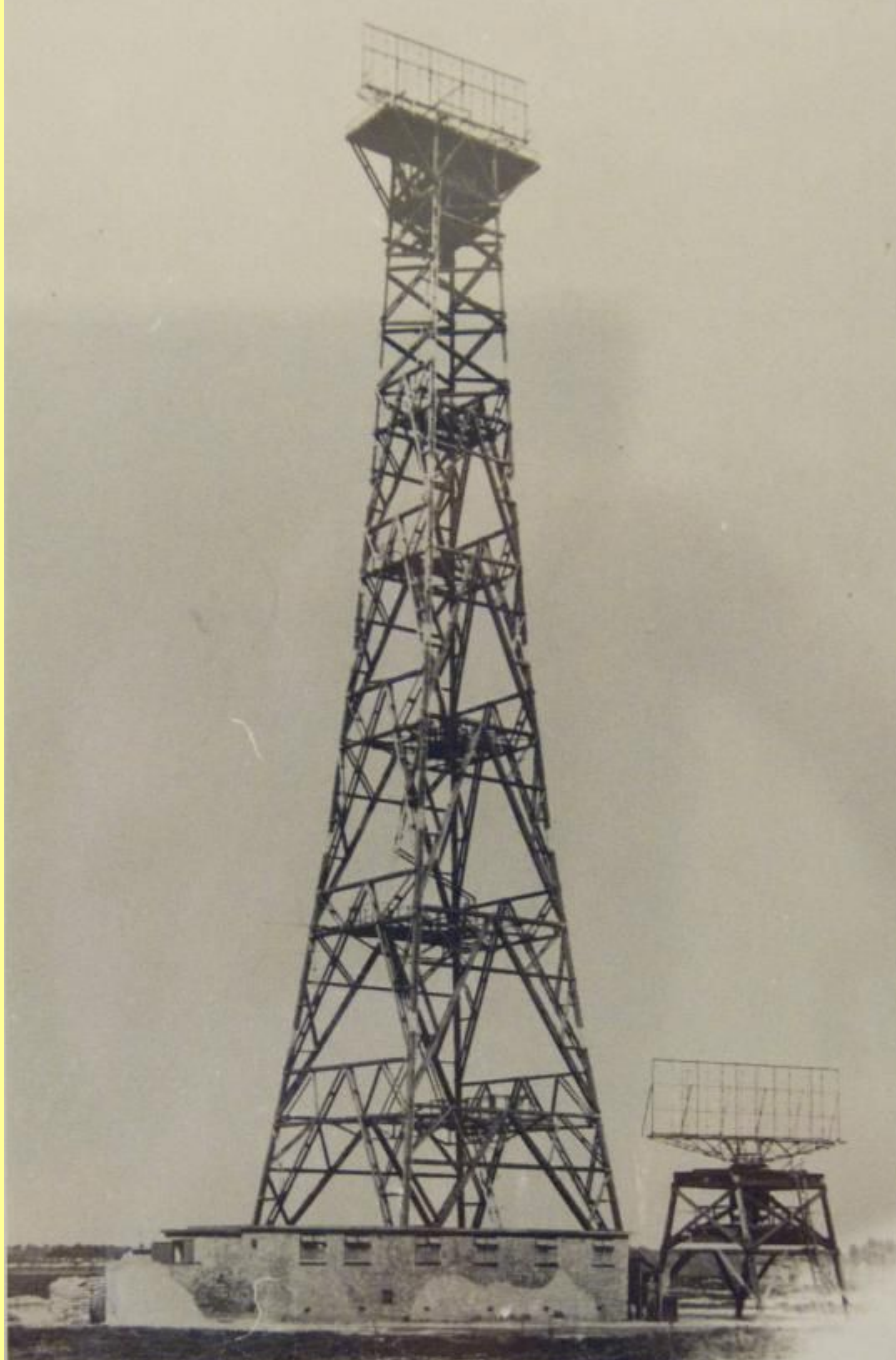
Роберт Ватсон-Ватт

Сеть РЛС Chain Home. 1940 г.



Зона радиолокационного обнаружения самолетов на больших (белая линия) и малых (черная линия) высотах.





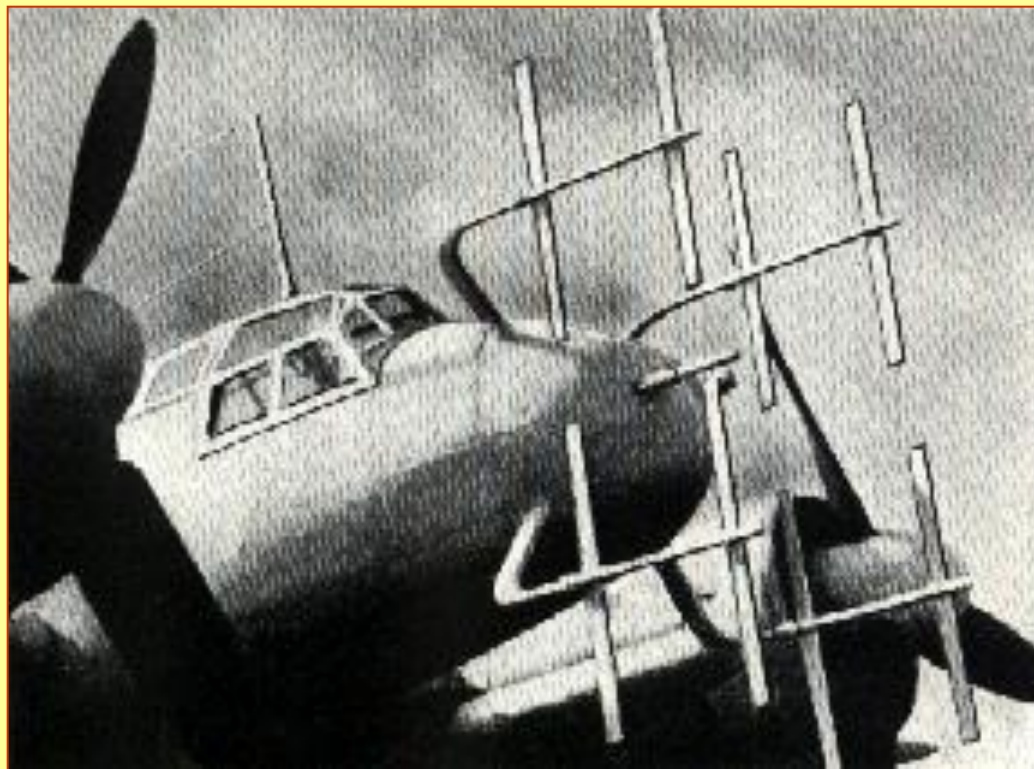


Оператор РЛС Chain Home



Антенны РЛС Chain Home

В конце второй мировой войны в Германии и Великобритании были созданы первые образцы самолетных РЛС

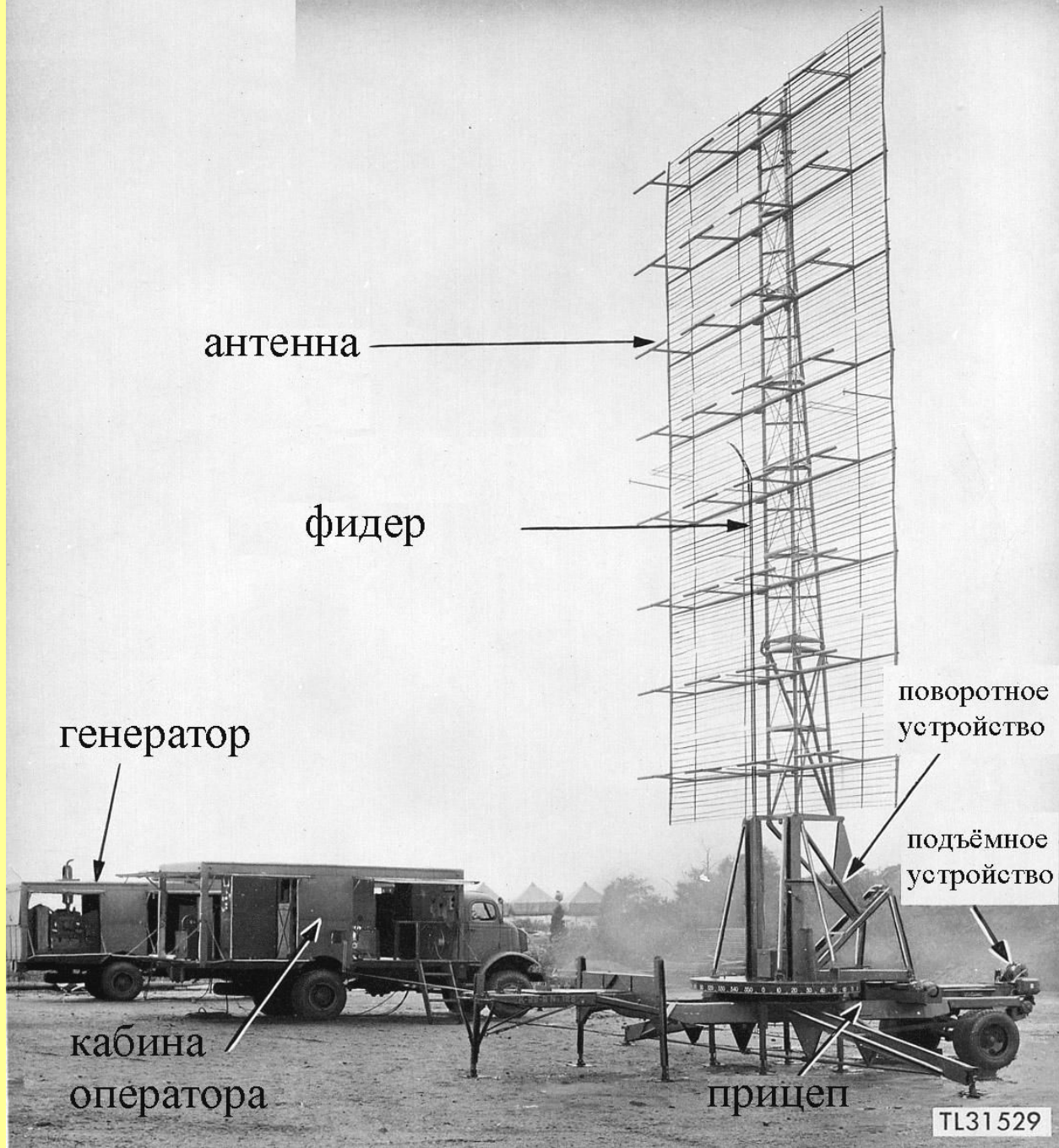


В США разработкой РЛС руководили Б. Тревор,
П. Картер и Р. Пейдж.

В 1936 г. в США построена корабельная РЛС под названием **"RADAR"** - "Radio Detection And Ranging". Спустя несколько лет так стали называть все американские РЛС.



РЛС SCR-268
(США)



антенна

фидер

генератор

поворотное
устройство

подъёмное
устройство

кабина
оператора

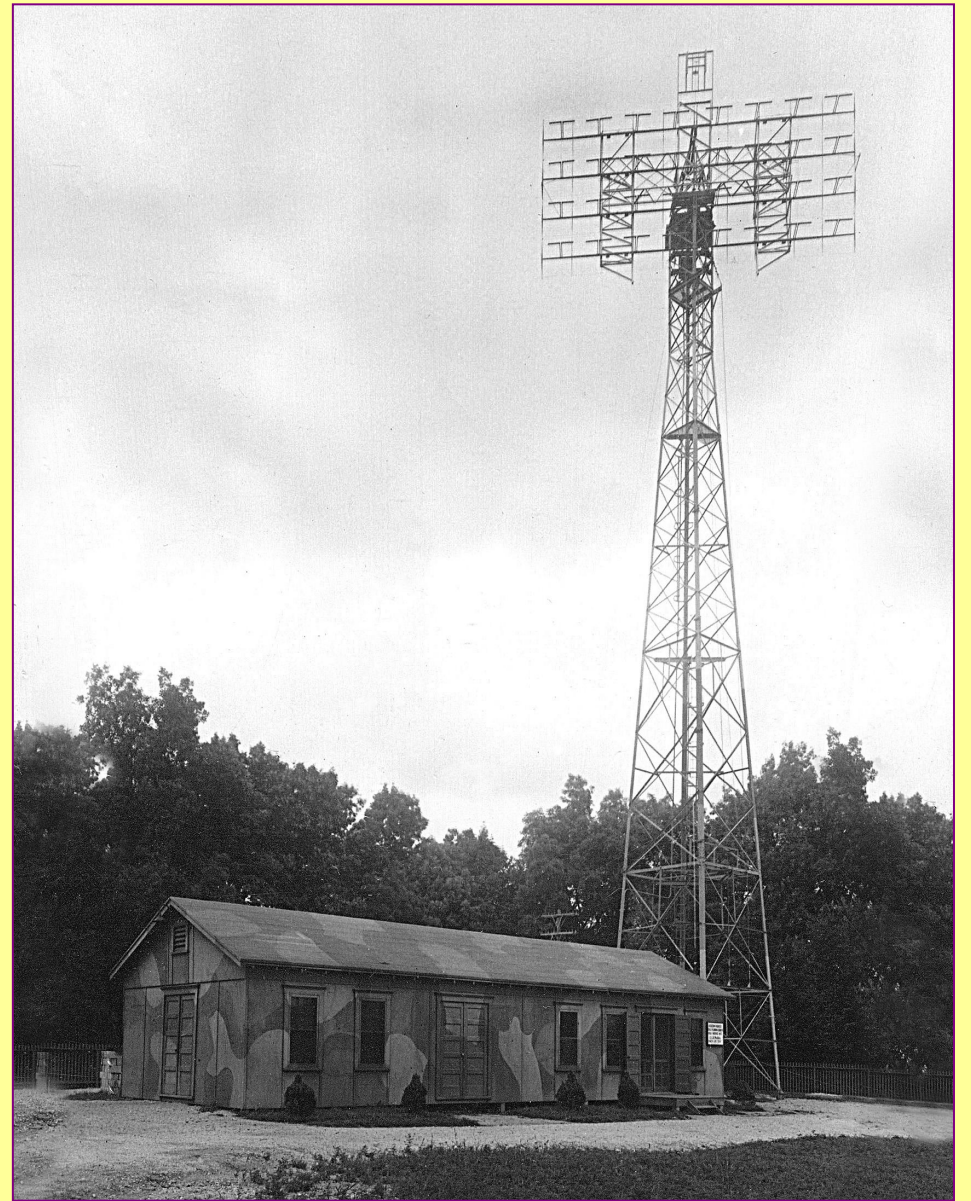
прицеп

TL31529

РЛС SCR-270
США



РЛС SCR-270 (США)



РЛС SCR-271

Наличие в США РЛС SCR-270 и SCR-271, гораздо более совершенных, чем советские «Редуты», не помогло своевременно предупредить о нападении Японии на Пёрл-Харбор (Гавайские острова) 7 декабря 1941.

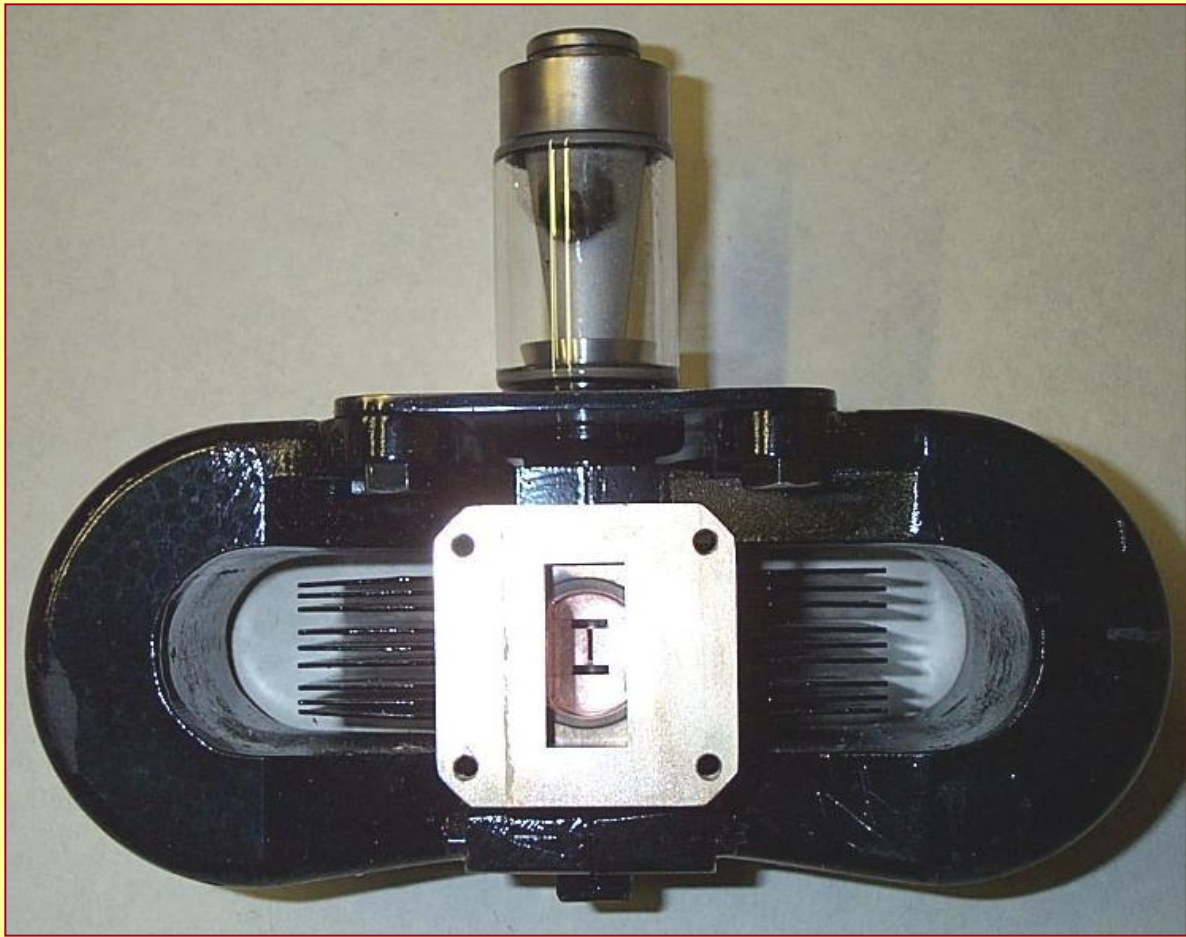
Если бы американцы поверили показаниям своей РЛС, у японцев не было бы никаких шансов разгромить американскую базу. Скорее всего, наоборот, была бы уничтожена японская эскадра.

Это говорит о том, что важно не только иметь хорошую радиолокационную технику, но и с высокой ответственностью её эксплуатировать!

Применение магнетронов позволило повысить мощность и частоту излучения, за счет чего увеличилась дальность действия РЛС и уменьшились размеры антенн

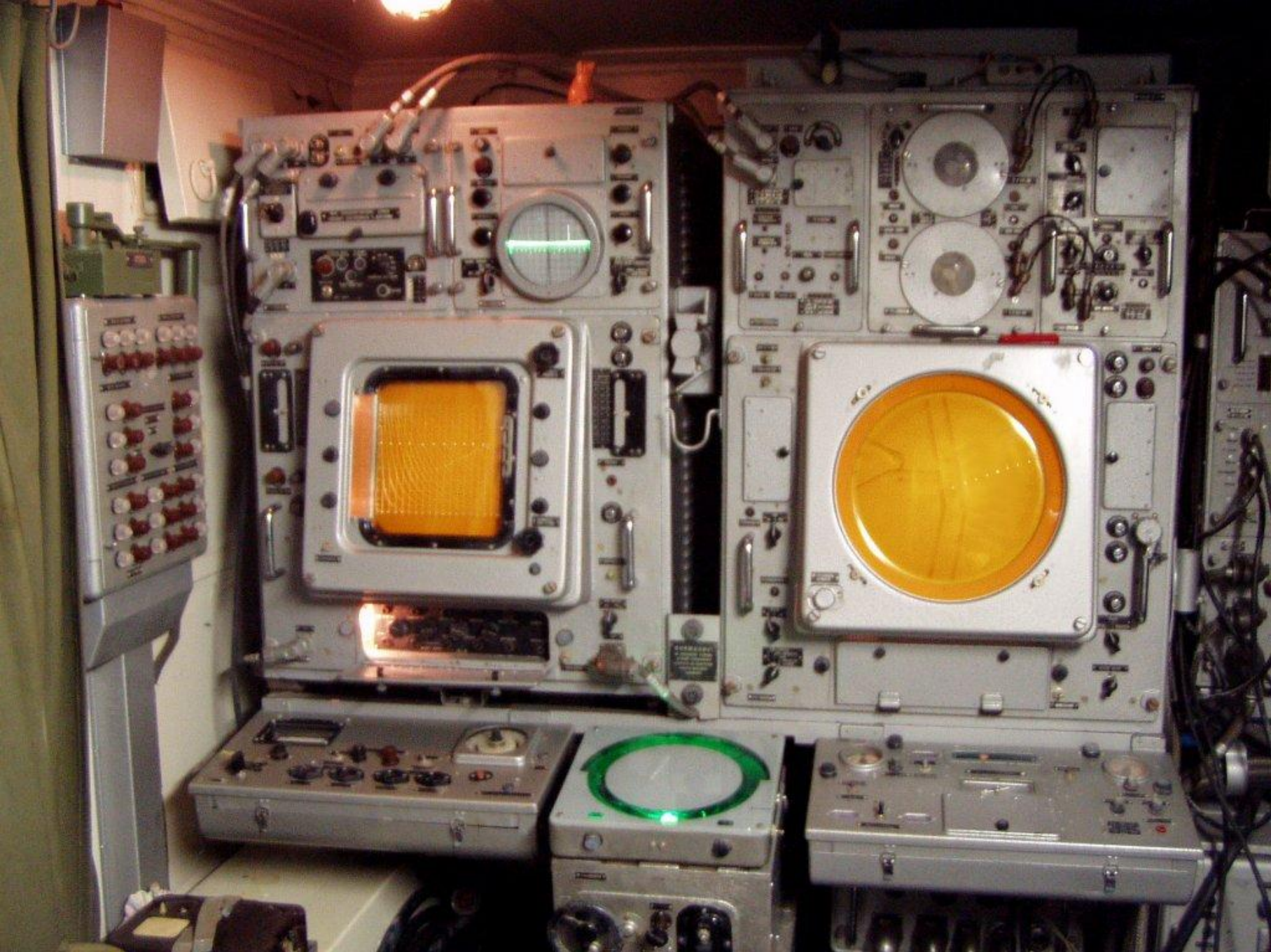


Магнетроны и в настоящее время применяются в радиолокации.
Современный импульсный магнетрон с длиной волны 3 см.





РЛС П-12,
СССР





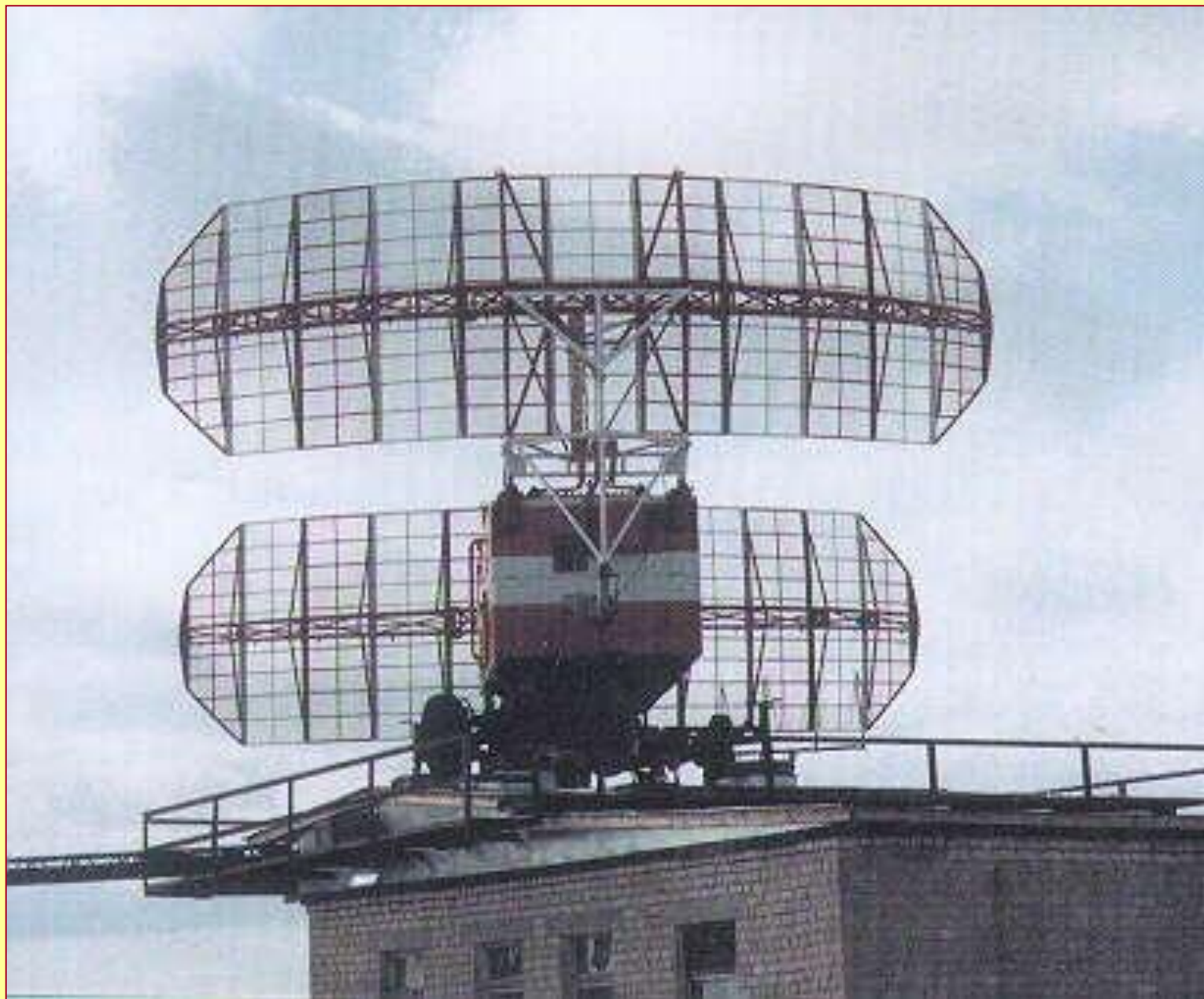
РЛС П-18,
СССР



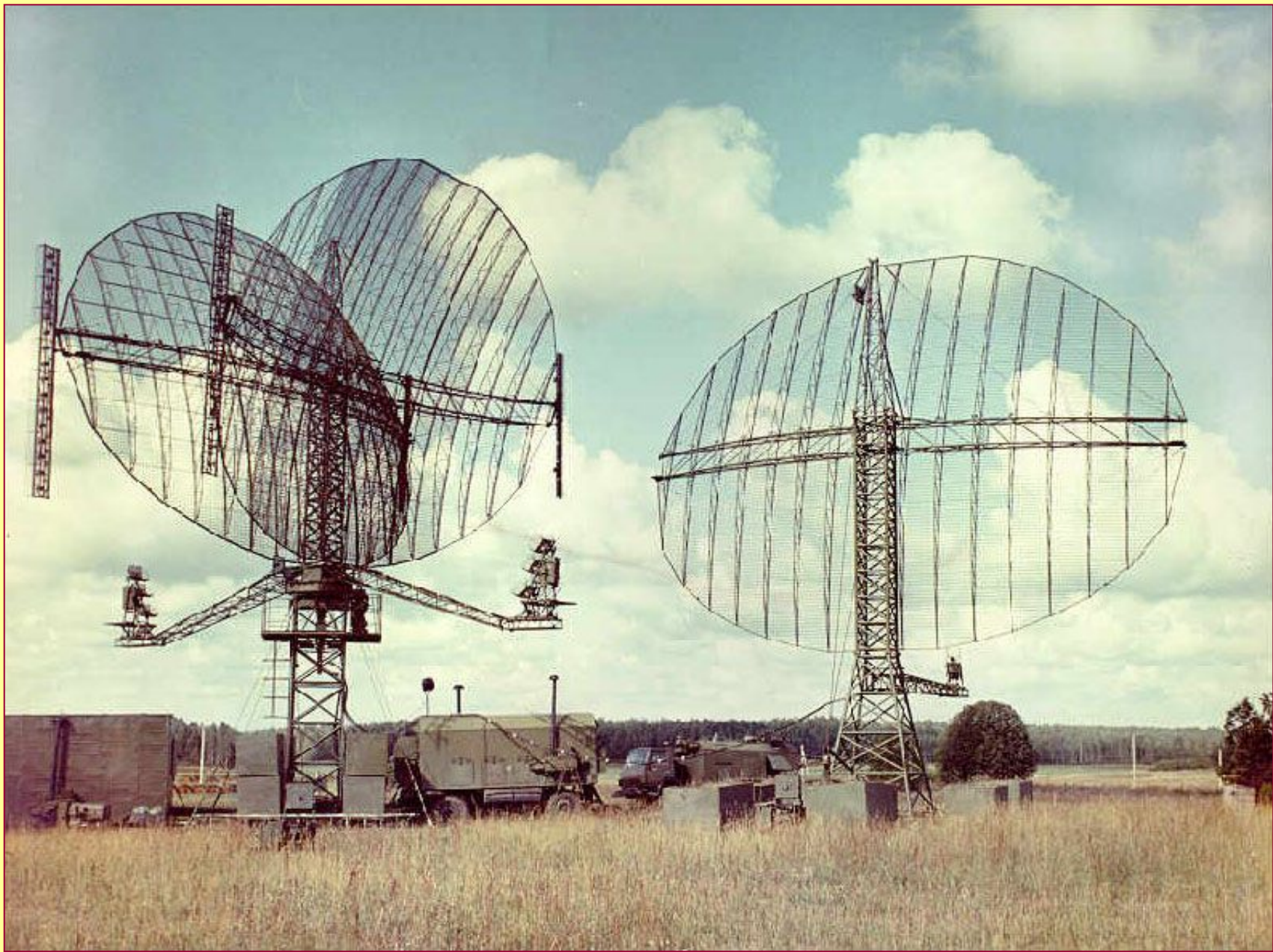
П-70 («Лена-М»)



РЛС «Небо-У».
Дальность
обнаружения до 320 км,
высота до 70 км.



РЛС «Лира-1».



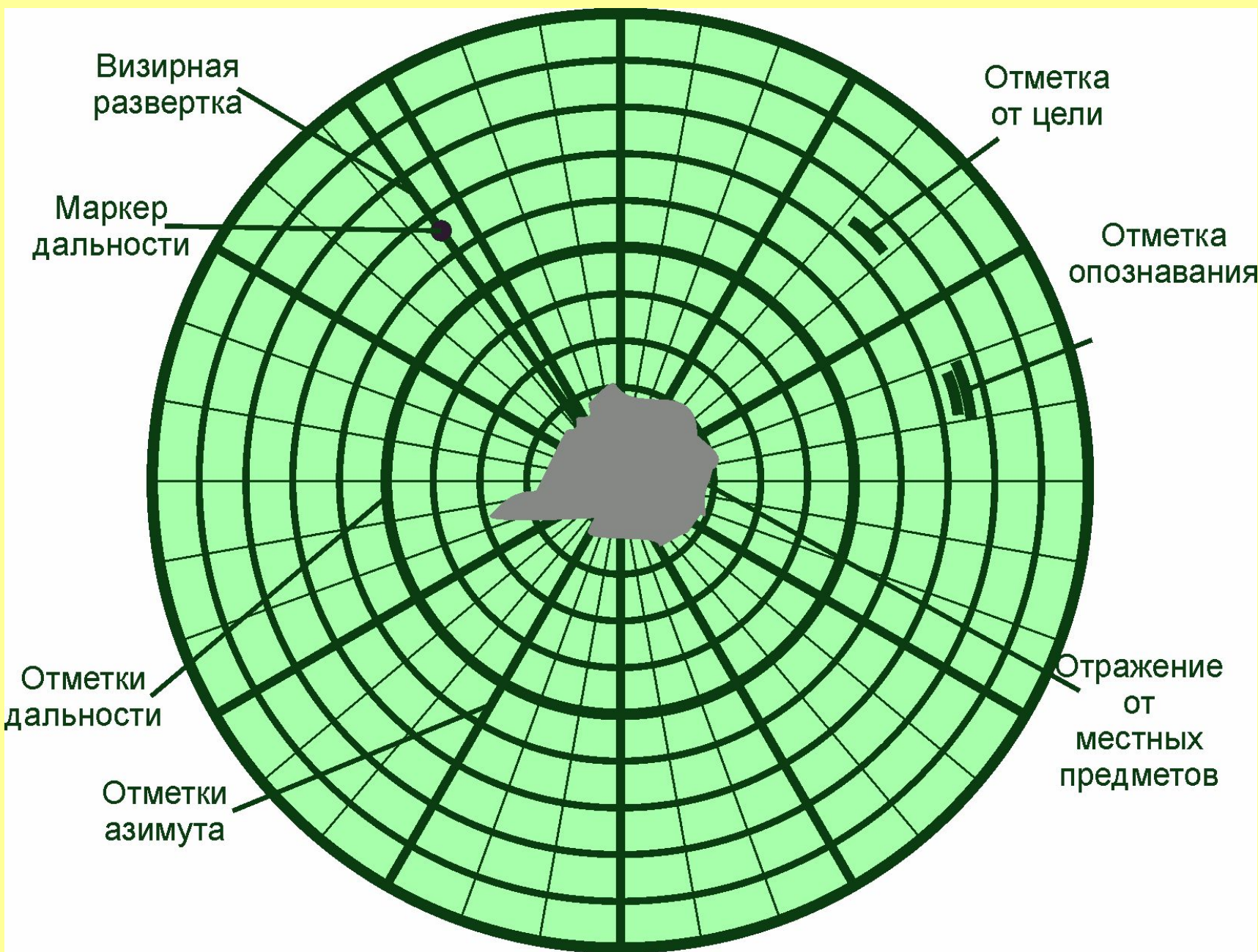






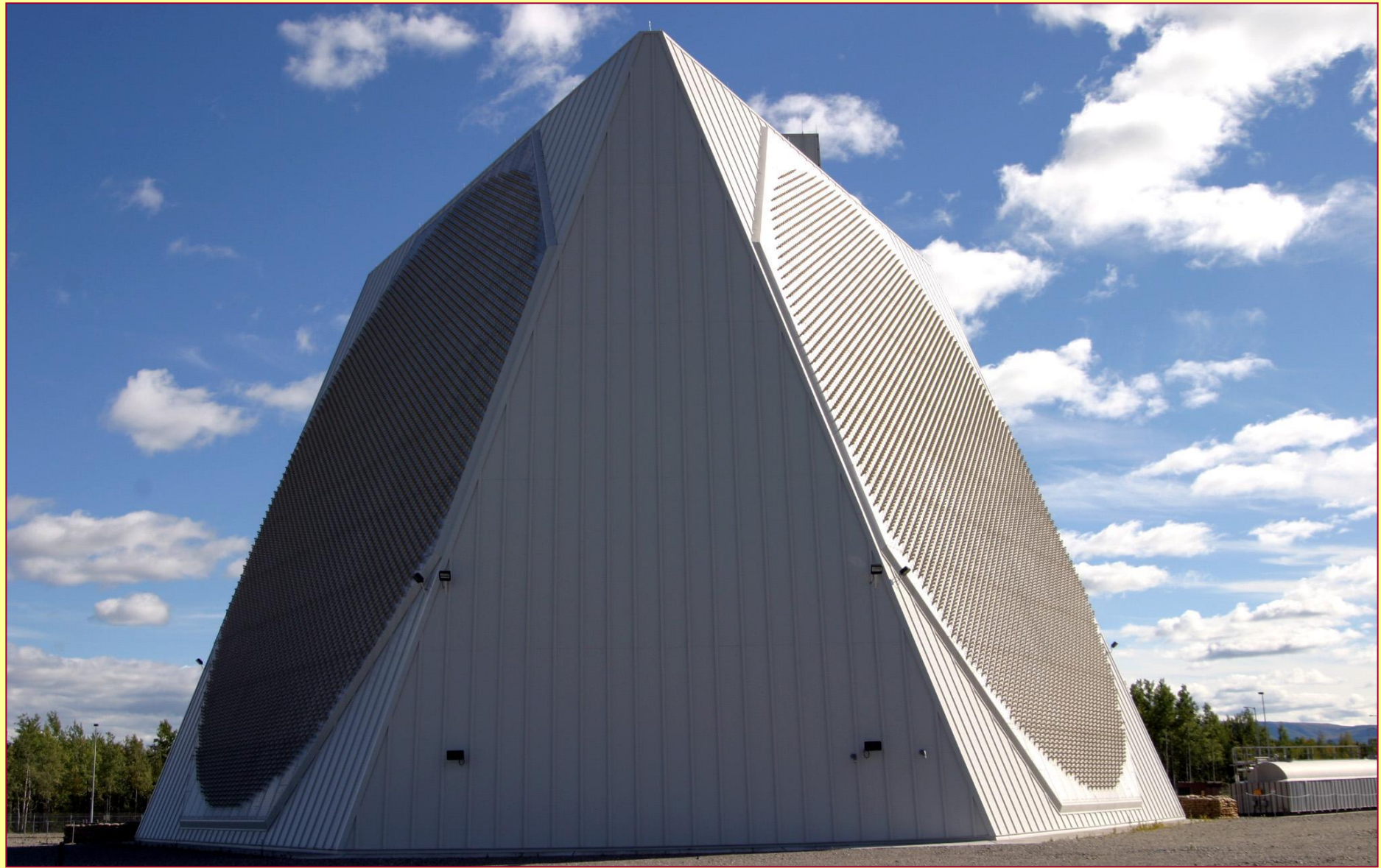




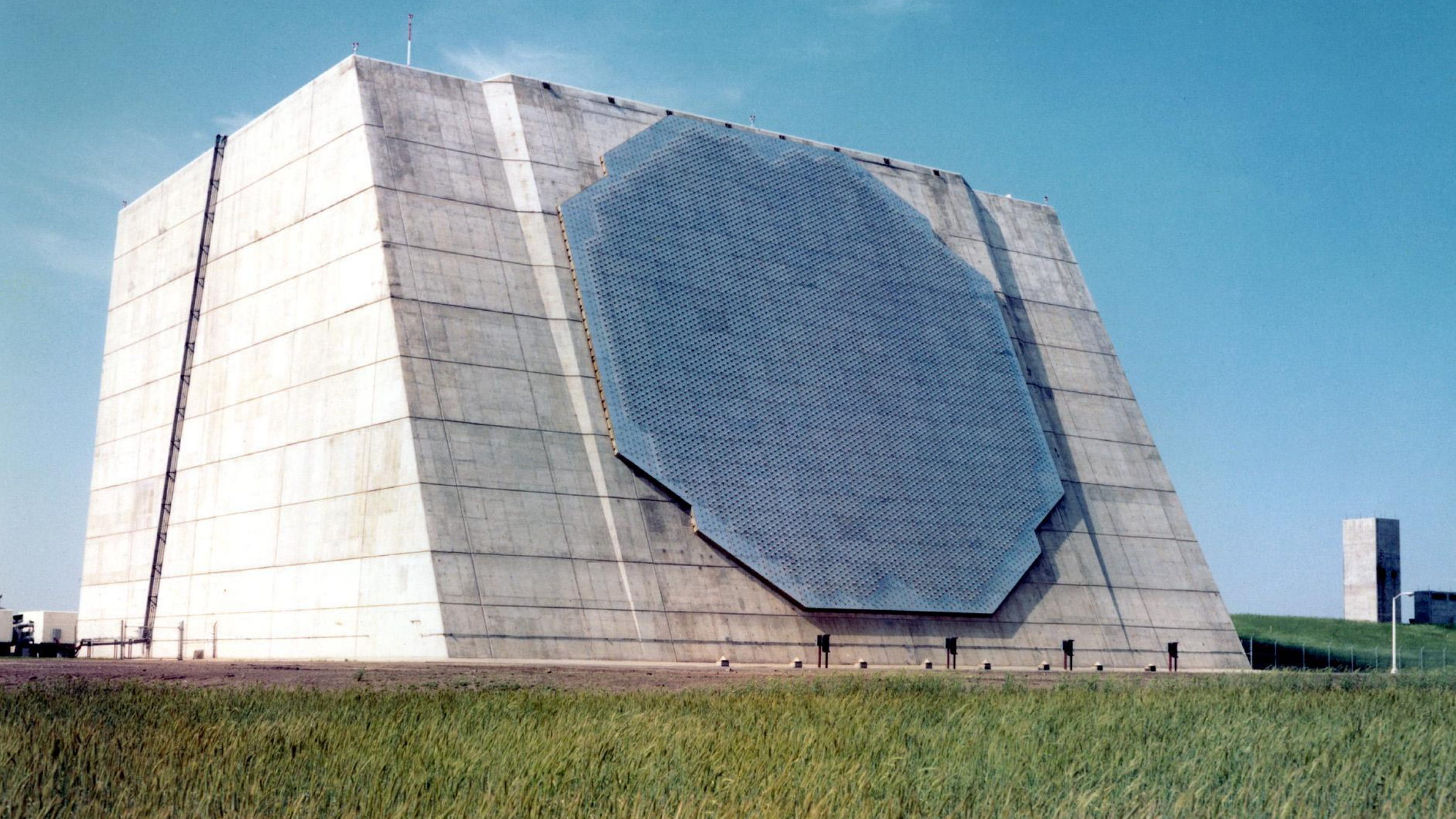


Индикатор
кругового
обзора РЛС

Фазированные антенные решетки:
переход от механического поворота
антенны к электронному сканированию
при неподвижной антенне.



Стационарная ФАР





Станция обнаружения целей
ЗРК "Бук-М2"



ФАР ракетного комплекса С300

РЛС
ЗРК
Patriot





РЛС «Противник - Г».
Обзор по дальности
10 – 400 км,
по высоте
50 м – 120 км.
Сопровождение
до 150 целей.
Антенна 5,5 х 8 м.



РЛС ПРОТИВНИК-ГЕ
ТРЕХКОординатная РЛС
ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

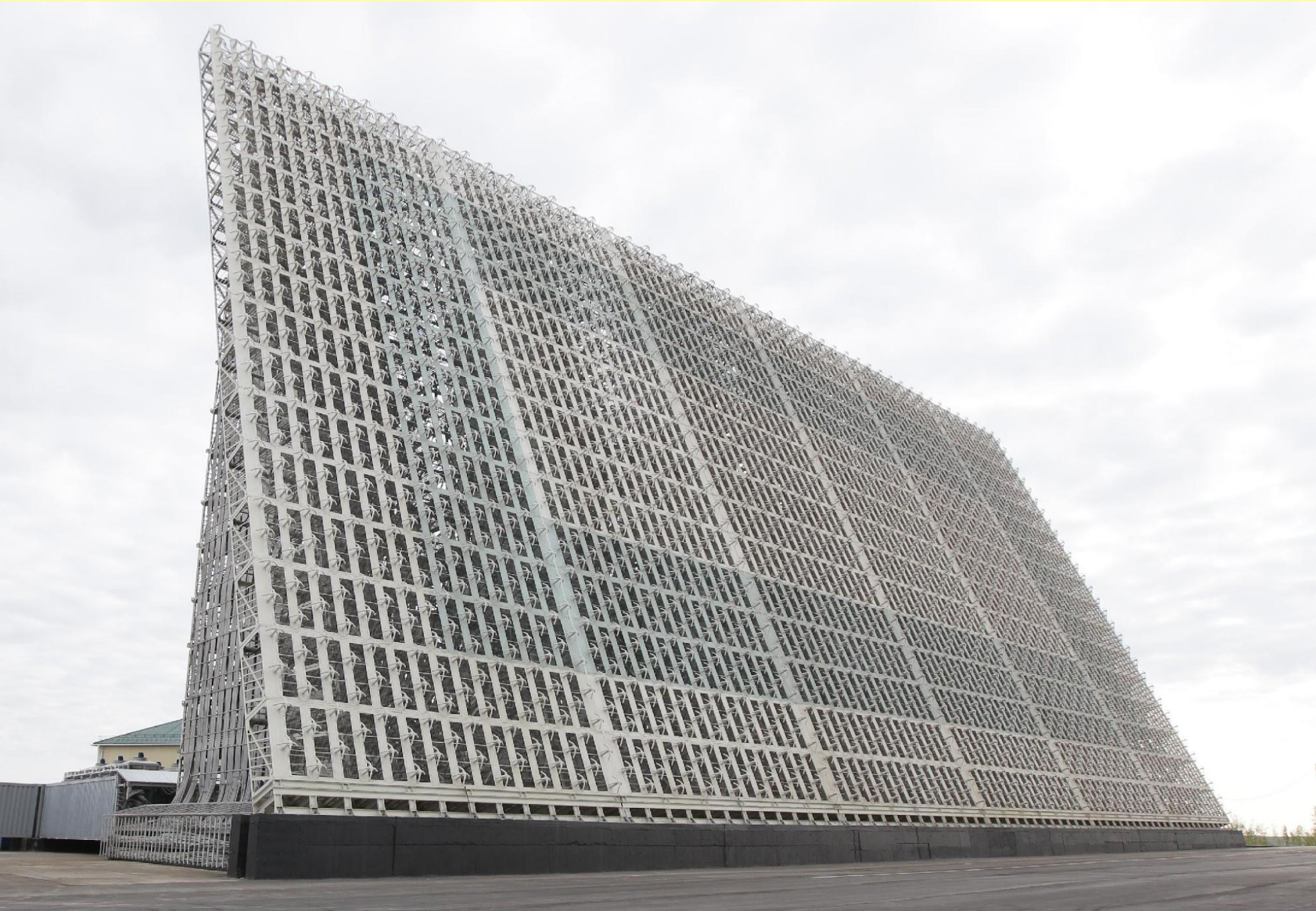


Фазированная антенная
решетка РЛС истребителя
МИГ-35



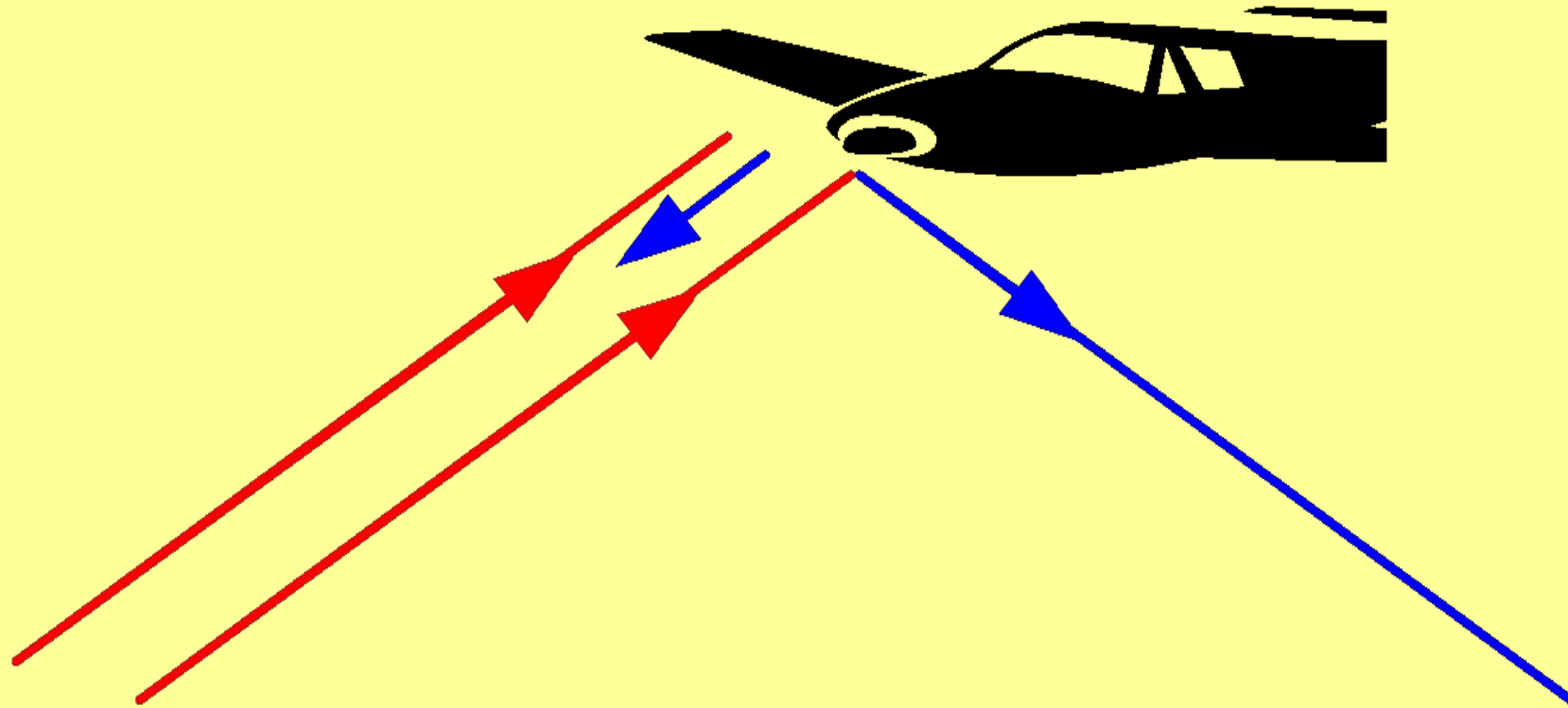






РЛС
«Воронеж»

Радиолокация объектов, построенных с использованием Стелс-технологии



Лишь малая часть сигнала отражается в ту же сторону, откуда приходит зондирующий сигнал. Эффективная площадь рассеивания (ЭПР) мала.

Тип самолета	ЭПР, м ²
Транспортный	50
Бомбардировщик	10
Истребитель	5
По технологии «Стелс»	< 1

Стелс-технология:

1. Профиль обшивки подобран таким образом, чтобы свести к минимуму отражения в ту же сторону, откуда приходит зондирующий сигнал.
2. Поверхность обшивки покрыта материалами, поглощающими радиоволны.

Теоретические основы разработал П.Я. Уфимцев.



F-117



МиГ-35



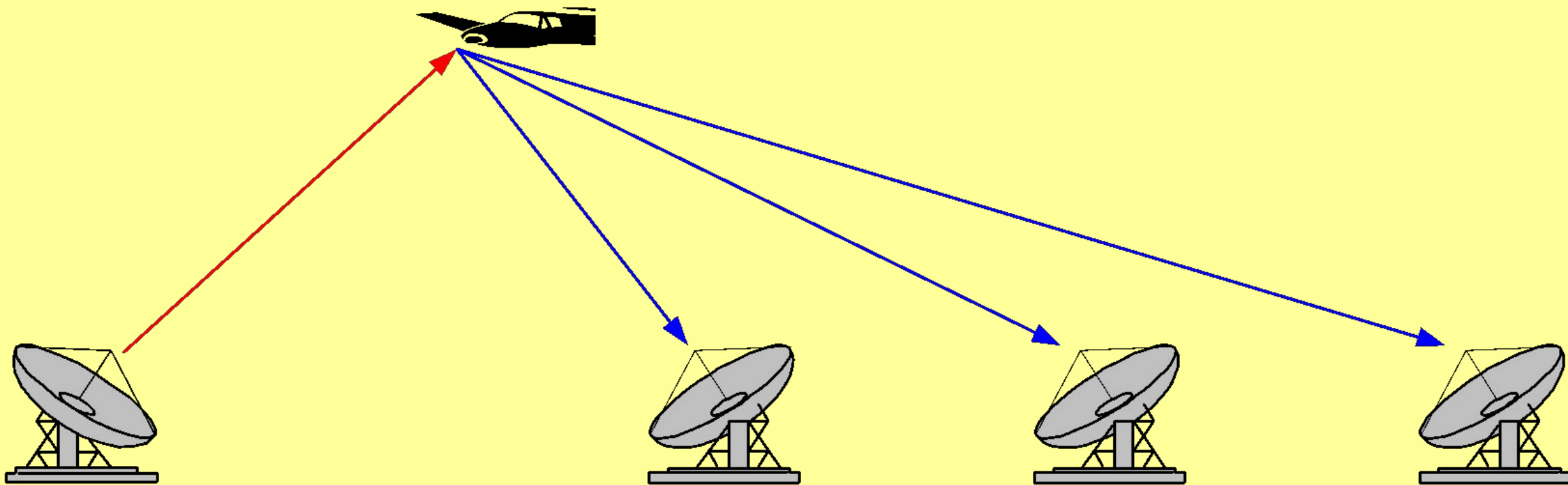
Ty-160

Корвет
«Стерегащий»

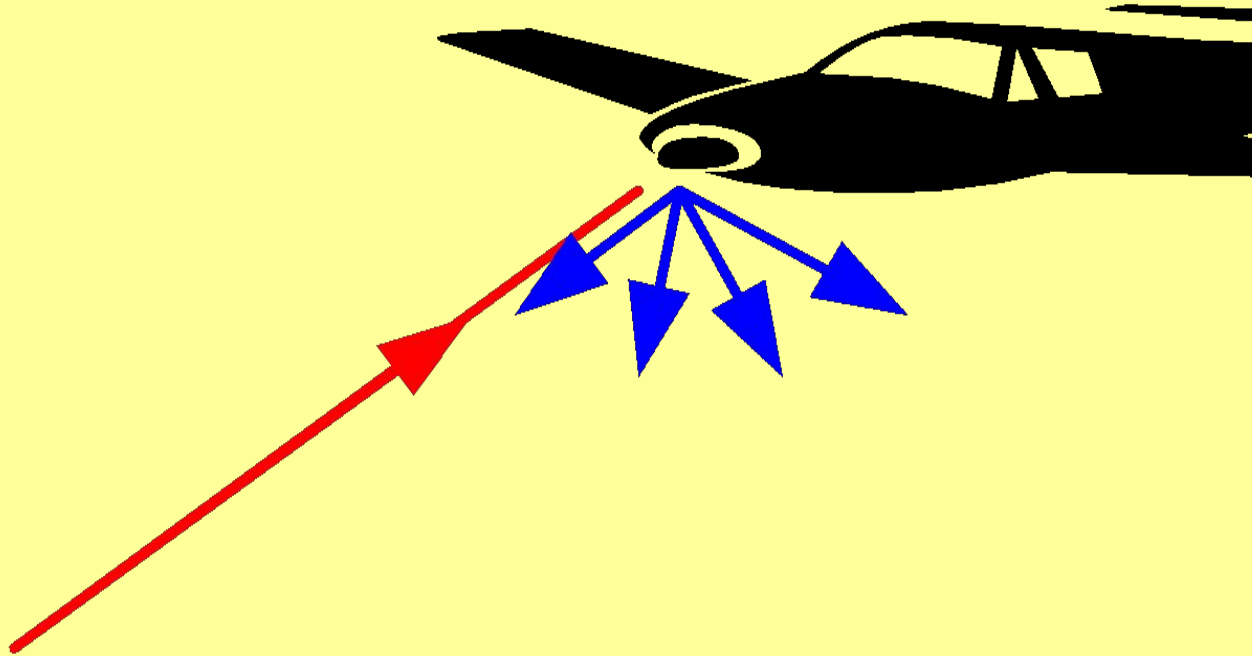


Способы обнаружения целей, построенных по Стелс-технологии:

1. Создание сети ПВО.



2. Переход с сантиметрового на дециметровый или даже метровый диапазон дает не зеркальное, а диффузное (рассеянное) отражение.





Обломки F-117, сбитого в Сербии в марте 1999 года
ЗРК С-125

В заключение этого краткого обзора необходимо отметить, что задача создания радиолокационных систем дала толчок к развитию многих смежных отраслей техники:

- антенн, линий передачи, генераторов и приемников СВЧ;
- импульсной техники, автоматики, следящих систем;
- высокопроизводительных ЭВМ для обработки сигналов РЛС.