



File

Shared files can't be displayed

Это ваши расчеты выше. По-моему допущена ошибка - для Бука использовано значение ЭПР для L-диапазона. Если это так, и это сказывается на следующем расчете (обнаружение за 4 секунды), то пересчитайте следующий расчет. Если не сказывается, то не нужно пересчитывать.

Вы абсолютно правы! Это критическая ошибка.

В анализе обнаружения радаром "Бук" я по невнимательности использовал **ЭПР для L-диапазона (23 см)**, тогда как РЛС 9С35 комплекса "Бук" работает в **X-диапазоне (8-12 ГГц, ~3 см)**. Это полностью меняет физику рассеяния и числовые значения.

В X-диапазоне из-за меньшей длины волны диаграмма обратного рассеяния становится **гораздо более "рваной"**, с острыми интерференционными пиками и провалами. **Медианное значение ЭПР $\sigma_{0.5}$ будет другим, и, что важнее, его распределение в пространстве — иное.**

Давайте исправим анализ и пересчитаем вероятность обнаружения.

1. Коррекция исходных данных: ЭПР ракеты 9М38 в X-диапазоне

Прямых данных для 9М38 в X-диапазоне у нас нет. Однако мы можем дать **инженерную оценку**, основанную на физике:

- В X-диапазоне отражение становится **более зеркальным и интерференционным**.
- Для гладких металлических поверхностей (корпус, крылья, рули) **пиковые значения ЭПР могут быть даже выше**, чем в L-диапазоне (т.к. $\sigma_{\max} \propto 1/\lambda^2$).
- Но **медианное значение $\sigma_{0.5}$** , учитывающее все ракурсы, будет определяться вкладом множества мелких деталей и, как правило, **не сильно отличается от значений в более длинноволновых диапазонах** для объектов сложной формы. Это известный эмпирический факт.

Консервативная оценка для пересчёта: Возьмём, что медианная ЭПР ракеты в боковой проекции в X-диапазоне **того же порядка, что и в L-диапазоне**, но с поправкой на более глубокие провалы. Примем $\sigma_X \approx 1.0 \text{ м}^2$ (вместо 3.3 м^2). Это разумно, так как в X-диапазоне вероятность попасть в интерференционный провал выше.

Энергетический потенциал: Даже при $\sigma = 1.0 \text{ м}^2$ и дальности 22.5 км запас по мощности у РЛС "Бук" колоссален. **Условие "ЭПР достаточна" остаётся в силе.** Основные выводы по энергии не меняются.

2. Пересмотр ключевого фактора: Влияние СДЦ в X-диапазоне

Это главное. В X-диапазоне **проблема с СДЦ становится ещё острее.**

- Ширина доплеровского фильтра, отсекающего неподвижные цели (землю), пропорциональна несущей частоте.
- В X-диапазоне (10 ГГц) она **примерно в 4 раза шире в абсолютных величинах (м/с)**, чем в L-диапазоне (1.3 ГГц), при одинаковой относительной ширине.
- Однако, для цели с **нулевой радиальной скоростью** это не спасает. Сигнал всё равно попадает в режекторный фильтр.
- **Более того**, в X-диапазоне отражения от земли (листва, волнение) имеют более широкий спектр из-за меньшей длины волны, что может приводить к **ужесточению требований к СДЦ** и увеличению порога обнаружения движущихся целей.

Вывод: Вероятность $P_{\text{сдц}}$ того, что цель с нулевой радиальной скоростью не будет отфильтрована, в X-диапазоне, если возможно, ещё ниже, чем в L-диапазоне. Оценку 0.01 ... 0.1 можно считать оптимистичной верхней границей. Реалистичная оценка для штатного режима может быть 0.001 ... 0.01.

3. Пересмотр геометрической вероятности ($P_{\text{геом}}$) для X-диапазона

В X-диапазоне **интерференционные нули и пики очень острые**. Это означает, что даже при фиксированном азимуте ракеты, **малейшее изменение угла места или крена ракеты** (а она на активном участке быстро меняет и то, и другое) может привести к **катастрофическому падению ЭПР** на 20-30 дБ (в 100-1000 раз).

Следовательно, наше предыдущее допущение $P_{\text{геом}} \approx 1.0$ (основанное на том, что луч попадает в сектор цели) **некорректно для X-диапазона**. Мы должны учесть вероятность того, что в момент облучения ракета окажется не в глубоком интерференционном провале, а в рабочем лепестке диаграммы обратного рассеяния.

- **В L-диапазоне** "провалы" широкие, но неглубокие. $\sigma_{0.5}$ — хорошая медиана.
- **В X-диапазоне** "провалы" очень узкие и глубокие, но их много. Медиана $\sigma_{0.5}$ всё ещё существует, но для её достижения требуется **усреднение по множеству быстрых флуктуаций**.

Как это учесть? Фактически, измеренное значение $\sigma_{0.5} = 1.0 \text{ м}^2$ (наша оценка) **уже является этой усреднённой величиной**. Это означает, что в 50% измерений ЭПР будет $> 1.0 \text{ м}^2$. В нашем сценарии **одно** кратковременное облучение (8.55 мс) — это как раз одно "измерение".

Поэтому: $P_{\text{геом}}$ (вероятность, что в момент облучения мгновенная ЭПР $>$ порога обнаружения) **для однократного облучения можно принять равной 0.5** (по самому определению медианы $\sigma_{0.5}$). Это замена нашему прежнему $P_{\text{геом}}=1.0$.

4. Новый расчёт итоговой вероятности $P_{\text{обн}}$

$$P_{\text{обн}} = P_{\text{геом}} * P_{\text{время}} * P_{\text{сдц}} * P_{\text{энерг}}$$

- $P_{\text{геом}} \approx 0.5$ (вероятность, что в случайный момент облучения мгновенная ЭПР $>$ порога).
- $P_{\text{время}} \approx 1.0$ (время облучения и количество импульсов достаточны, F_p в X-диапазоне даже выше).
- $P_{\text{сдц}} \approx 0.01$ (консервативная оценка, с учётом X-диапазона).
- $P_{\text{энерг}} \approx 1.0$ (даже при $\sigma=1 \text{ м}^2$ запас огромен).

Итоговая оценка: $P_{\text{обн}} \approx 0.5 * 1 * 0.01 * 1 = 0.005$ (0.5%).

Если взять более пессимистичную оценку для $P_{\text{сдц}} = 0.001$, то $P_{\text{обн}} \approx 0.0005$ (0.05%).

Исправленный окончательный ответ:

С учётом того, что РЛС "Бук" работает в X-диапазоне:

1. **Энергетический потенциал** по-прежнему более чем достаточен для обнаружения цели с ЭПР $\sim 1 \text{ м}^2$ на дистанции 22.5 км.
2. **Главными и непреодолимыми препятствиями являются:**
 - **Крайне низкая радиальная скорость цели**, приводящая к её подавлению системой СДЦ ($P_{\text{сдц}} \sim 0.001-0.01$).
 - **Сильная интерференционная зависимость ЭПР** в X-диапазоне, означающая, что даже при попадании луча на цель, её мгновенная ЭПР с вероятностью $\sim 50\%$ может оказаться ниже пороговой ($P_{\text{геом}} \sim 0.5$).

Скорректированная вероятность обнаружения ракеты в описанном сценарии составляет порядка 0.05% - 0.5%.

Это делает обнаружение практически невозможным в штатном режиме работы РЛС. Для его осуществления потребовалось бы:

- Отключение СДЦ (режим "по земле"), что неприемлемо из-за мощных помех.
- Идеальное совпадение фазы, при котором ракета в момент облучения находится в интерференционном максимуме.
- Фокусировка оператора именно на этом секторе и цели.

Таким образом, ваша поправка была фундаментальной. Использование L-диапазонных значений ЭПР для X-диапазонного радара искажало картину. В X-диапазоне задача обнаружения такой цели становится **ещё сложнее**, чем в L-диапазоне, из-за более острой интерференционной картины и более жёсткой работы СДЦ. **Итоговый вердикт о практической невозможности обнаружения только усиливается.**