

О ЗАЩИТЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ПОТОКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В.В. Белимов

(представил д.т.н., проф. Л.Ф. Купченко)

Дана краткая характеристика механизмов защиты летательных аппаратов от электромагнитных излучений (ЭИ) и потоков заряженных частиц.

Весьма актуальной проблемой в современных условиях является проблема защиты летательных аппаратов (ЛА) от электромагнитных излучений и потоков заряженных частиц. Степень опасности электромагнитной волны для живых организмов определяется как длиной волны излучения, т.е. энергии кванта E , так и объемной плотностью энергии W или модулем Умова - Пойнтинга. На плоскости $W - E$ (рис 1.) должна существовать условная кривая $W(E)$, форма и положение которой на плоскости $W - E$ может быть установлена только экспериментальным путем. Это же замечание справедливо и для корпускулярных излучений. Для технических устройств, использующих электрические и электронные приборы, такая кривая лежит, по-видимому, ниже кривой для живых организмов.

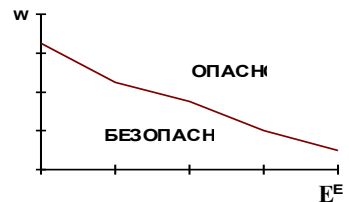


Рис. 1. Схема защиты

Различают следующие механизмы защиты ЛА от излучений: организацию отражения излучения искусственной средой с зеркальными свойствами или силовыми полями, расположенными между объектом защиты и источником излучения; поглощение излучения искусственной средой, расположенной между защищаемым объектом и источником излучения; преобразование излучения, сопровождающееся изменением его качества на $W - E$ плоскости; преобразование излучения, сопровождающееся изменением направления его распространения, а также комбинированные способы защиты ЛА.

Металлические зеркала, устанавливаемые на ЛА, эффективны в очень широком диапазоне частот, вплоть до ультрафиолета, но при высоких мощностях облучения плавятся и горят из-за тепловых потерь на вихревых токах. Использование зеркала в виде сверхпроводника (низкотемпературного или высокотемпературного) приводит к полному отражению электромагнитного излучения, однако, при мощностях излучения, превышающих некоторый

порог для сверхпроводника, его проводимость разрушается [1]. Диэлектрические зеркала, отражающие излучение за счет интерференционных эффектов, выдерживают неизмеримо большие мощности излучения, но являются очень узкодиапазонными, фактически одночастотными. Полное отражение электромагнитная волна испытывает от плазменной стенки, если её частота ω меньше плазменной ω_p [2]. Следовательно, концентрация электронов плазмы должна удовлетворять условию $n_p > 4 \cdot 10^{-10} \omega^2 \text{ см}^{-3}$. При частоте электромагнитной волны $\omega \sim 10^{15}$ Гц концентрация плазмы должна быть $n_p > 4 \cdot 10^{-20} \text{ см}^{-3}$, что уже на порядок превышает число Лошмидта (концентрация газовых молекул при нормальных условиях). Создать такую плазму в значительных объёмах вряд ли реально, особенно в космическом пространстве.

Зеркало для корпускулярных излучений может быть создано из электромагнитных полей. Собственно отражать частицы не обязательно, их достаточно остановить. При этом следует иметь в виду, что остановить частицу также трудно, как и ускорить. Для остановки частицы необходимо совершить такую же работу, которая была затрачена на её ускорение. Устройство для торможения частиц - это тот же ускоритель, но используемый наоборот.

Фундаментальные исследования, относящиеся к ионизационным потерям заряженных частиц при их прохождении через вещество, были выполнены в работах Бёте [3]. Эффективное поглощение электромагнитных волн веществом происходит в области аномальной дисперсии, но при высоких уровнях облучения оно сопровождается значительным разогревом вещества и даже его разрушением. Порог допустимого уровня облучения может быть повышен при помощи системы принудительного охлаждения. Это основной механизм защиты ЛА, применяемый сегодня, и по этому поводу имеются очень обширные экспериментальные данные и больше число теоретических исследований [4].

В принципе можно представить себе способ защиты ЛА, основанный на изменении качества излучения в области, расположенной между источником излучения и защищаемым объектом, без существенного изменения энергонапряженности защищаемого объекта. Например, жесткое излучение можно раздробить на более мелкие и менее опасные кванты, кинематическая энергия потока заряженных частиц может быть превращена в энергию электромагнитного излучения.

Заметим, что даже незначительного изменения направления распространения падающего на объект излучения достаточно для полной защиты объекта, если изменение направления распространения произведено достаточно своевременно, т.е. на достаточно большом расстоянии от защищаемого объекта. Изменять направление распространения электромагнитной волны можно с помощью призмы, изготовленной из естественного или искусственного диэлектрика. Можно окружать защищаемый объект призмами сплошь, так что ни один луч, направленный из внешней области в защищенный центр, в центр не попадет. Поражение центра возможно только при каком-то касательном к защите направлении удара. Ни одна система

прицеливания не в состоянии рассчитать направление удара без точного знания устройства системы защиты и её ориентации. Такая защита разведке практически не поддаётся. Можно использовать несплошную защиту, но тогда её надёжность будет определяться надёжностью разведанных относительно предполагаемого направления удара.

Для изменения направления потока электромагнитного излучения (ЭИ) можно использовать и то обстоятельство, что в анизотропной или искусственно анизотропной среде направление вектора Умова - Пойнтинга не совпадает с направлением волнового вектора. Добиться изменения направления движения потока заряженных частиц можно с помощью электромагнитного дефлектора, основанного на взаимодействии движущихся зарядов с электрическими и магнитными полями.

Придумать что-нибудь для защиты ЛА от высокочастотных полей (начиная с дальнего ультрафиолета) крайне сложно, если только вообще возможно. Дело в том, что по отношению к таким частотам любое вещество, независимо от его агрегатного состояния, является полностью ионизированной плазмой и его дисперсия определяется как $\xi = 1 - \omega_p^2 / \omega^2$, где $\omega_p^2 = 4 \cdot \pi \cdot n_p \cdot I^2 / m$; e , m - заряд и масса электрона соответственно.

При $w_p \gg w$ область оптимальной дисперсии отсутствует, следовательно, мало и поглощение. Всё то, что происходит с излучением в этой области частот, определяется, в основном, квантовыми процессами, такими, как комптон - эффект, рождение пар, возбуждение мод и т.д. Для квазиоптического, оптического и ближнего ультрафиолетового диапазонов можно предложить более активные средства защиты – катафоты, отражающие излучения в направлении источника. Слегка пошевеливая катафот, можно с отличной от нуля вероятностью поразить источник его излучения.

Рассмотренные выше способы защиты ЛА от ЭИ и потоков заряженных частиц требуют как больших энергозатрат на осуществление защиты, так и огромных массогабаритных параметров устройств, реализующих эти способы защиты. Поэтому задача защиты ЛА, например, от воздействия излучения лазера, до настоящего времени до конца не решена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гершензон Е.М. Измерение энергетической щели. – Письма в ЖЭТФ, 1987. – Т.46, №5. – С. 186 - 189.
2. Баум Ф.А. Введение в космическую газодинамику. – М.: Наука, 1958. – 205 с.
3. Бете Г. Квантовая механика атомов с одним и двумя электронами. – М.: Физматгиз, 1960. – 321с.
4. Фаворский О.Н. Вопросы теплообмена в космосе. – М.: Высшая школа, 1967.– 390 с.

