

Международный союз электросвязи

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R S.1003-2
(12/2010)

**Защита геостационарной спутниковой
орбиты как окружающей среды**

Серия S
Фиксированная спутниковая служба



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2011 г.

© ITU 2011

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1003-2*

Защита геостационарной спутниковой орбиты как окружающей среды

(Вопрос МСЭ-R 34/4)

(1993-2003-2010)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации содержатся указания относительно орбит захоронения для спутников на геостационарной спутниковой орбите, а также замечания относительно увеличения объема мусора за счет осколков в результате увеличения числа спутников и связанных с ними запусков.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что ГСО (см. рисунок 1) представляет собой уникальный ресурс, дающий операторам значительные преимущества в аспектах удержания спутников на орбите, видимости у поверхности земли и охвата, отсутствия необходимости в средствах слежения в небольших антеннах земных станций и сравнительно благоприятных орбитальных условий;
- b) что спутники имеют малый запас прочности в случае столкновения на орбите;
- c) что в результате столкновения на орбите спутник утратит способность выполнять функции электросвязи или как минимум эта способность ухудшится;
- d) что выход спутника из строя в результате столкновения или взрыва создаст на орбите облако осколков, которое рассредоточится по всей орбите, повышая вероятность столкновения на этой орбите;
- e) что спутник, висящий на ГСО после окончания срока его службы, может блокировать радиочастотные линии связи активных спутников,

рекомендует,

- 1 чтобы во время вывода спутника на орбиту в зону ГСО попадало как можно меньше мусора;
- 2 чтобы прилагались все разумные усилия для сокращения срока пребывания мусора на эллиптических переходных орбитах с апогеем на высоте ГСО или вблизи нее;
- 3 чтобы до полного истощения запасов топлива геостационарный спутник, срок службы которого заканчивается, был выведен из зоны ГСО, с тем чтобы под влиянием возмущающих сил на его траекторию он впоследствии оставался на орбите с перигеем не менее 200 км над высотой геостационарной орбиты (см. Приложение 1);
- 4 чтобы перевод на орбиту захоронения выполнялся со всеми предосторожностями, с тем чтобы избежать создания радиочастотных помех активным спутникам.

* Настоящую Рекомендацию следует довести до сведения 5-й, 6-й и 7-й Исследовательских комиссий по радиосвязи. 7-й Исследовательской комиссии по радиосвязи предлагается рассмотреть вопрос предотвращения помещения в геостационарную дугу космического аппарата или компонентов переходной стадии, которые представляют угрозу работающим космическим аппаратам.

Приложение 1

Защита ГСО как окружающей среды

В 2010 году вблизи ГСО насчитывалось примерно 1100 известных космических аппаратов и ракетных корпусов, из которых около трети в настоящее время функционируют.

Знания об условиях, существующих на геостационарной орбите, ограничены возможностями пунктов наблюдения, расположенных на Земле. В настоящее время наименьший объект, который (при оптимальных условиях) можно различить на ГСО и отследить, имеет размер немногим менее 1 м; для сравнения: на околоземной орбите известны и каталогизированы все объекты размерами более 30 см, а объекты размерами до 5 мм статистически охарактеризованы по высоте и наклону орбиты. Сведения о положении космических аппаратов или объектов, не управляемых по радио, не настолько подробны, как сведения операторов о положении активных космических аппаратов.

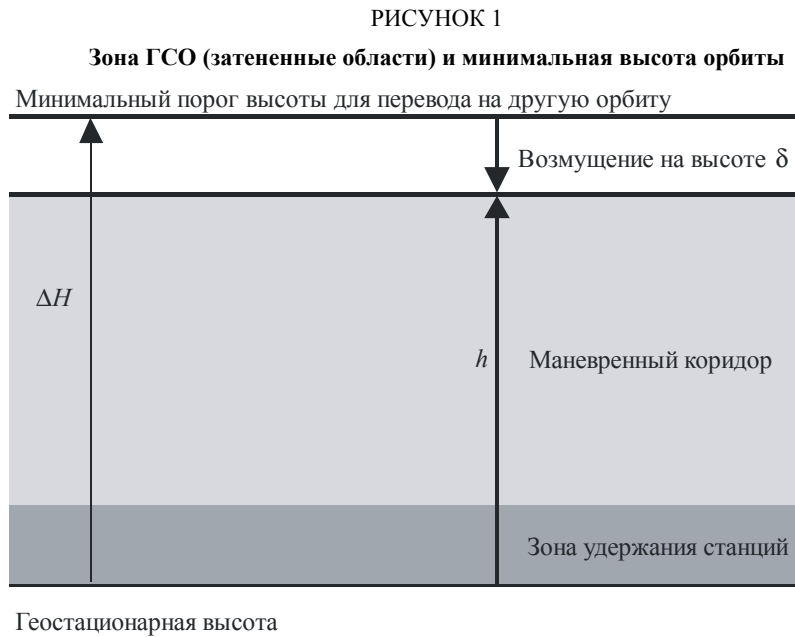
Риск для эксплуатируемых космических аппаратов представляют осколки мусора, являющиеся результатом взрывов, которые вызываются остатками топлива и газов в корпусах ракет и реже – накопленной в аккумуляторах энергией. Риск также могут представлять осколки, производимые столкновениями между неповрежденными космическими аппаратами. Наряду с этим осколки также образуются при столкновении осколка с неповрежденным космическим аппаратом или другим осколком. Этот последний вид риска в последнее время на некоторых высотах существенно увеличился в результате небольшого числа происшествий. Приблизительно 60% объектов в Каталоге космических наблюдений представляют собой фрагментированный мусор. В зоне геостационарной орбиты были выявлены два случая фрагментации, причем оба были признаны взрывами. Весьма вероятно, что были другие случаи, которые не были обнаружены ввиду ограниченности методов наблюдения на этой высоте.

Хотя столкновения на геосинхронной орбите не будут иметь столь серьезных последствий, как на околоземной орбите, при характерных скоростях столкновения порядка 500 м/с такие столкновения все же могут причинить значительный ущерб орбитальным системам.

С учетом существующих ограничений (в первую очередь удельного импульса) космических силовых установок было бы нерационально снимать объекты с высот ГСО или возвращать их на Землю по окончании срока эксплуатации. Ввиду этого следует создать выше, ниже и вокруг ГСО защищенную зону, которая определяла бы номинальный орбитальный режим, в котором находятся и маневрируют работающие спутники. Чтобы избежать скапливания нефункциональных объектов в этой зоне и связанных с этим увеличения плотности засоренности и потенциального риска столкновения, к которому это приведет, следует выводить спутники из этой зоны по окончании срока их эксплуатации. Чтобы гарантировать, что эти объекты не создают опасности столкновения со спутниками, вводимыми на ГСО, их следует переводить на высоты над зоной ГСО, а не под ней. Целевая высота утилизации должна быть достаточно велика, чтобы под влиянием возмущающих сил спутник не мог создавать помехи существующим работающим спутникам в зоне ГСО. Зона ГСО охватывает как ГСО (оперативная зона удержания станций), так и маневренный коридор непосредственно над ГСО и достигает высоты 200 км над высотой ГСО (как показано на рисунке 1).

Основное требование заключается в том, что после удаления на орбиту большей высоты космический аппарат, находящийся под влиянием возмущающих сил, не мигрировал обратно в зону ГСО:

$$\Delta H > h + \delta. \quad (1)$$



ΔH : минимальное увеличение высоты переведенного на другую орбиту спутника над высотой ГСО;

δ : максимальное снижение переведенного на другую орбиту космического аппарата ввиду возмущений;

h : минимальная высота защищаемой зоны ГСО над высотой ГСО.

S.1003-02

1 Возмущения, испытываемые спутником на сверхсинхронной орбите

Движение спутника, выведенного на орбиту с высотой полностью над ГСО, будет периодически испытывать возмущения ввиду влияния:

- гравитационного воздействия асферичности Земли;
- гравитационного притяжения Солнца и Луны;
- давления излучения Солнца.

Общее орбитальное возмущение, δ , может быть эмпирически представлено двумя компонентами. Совокупное влияние периодических гравитационных возмущений не должно превышать 35 км для любого спутника на круговой орбите (эксцентриситет менее 0,003), или:

$$\delta_{grav} < 35 \text{ км.} \quad (2)$$

Для более эксцентрических орбит удаления эффект возмущения может быть более 35 км.

Максимальная величина возмущения от давления излучения Солнца (SRP) будет определяться индивидуальными характеристиками спутника и рассчитывается (в км) как:

$$\delta_{SRP} < 1000 C_r A/M, \quad (3)$$

где:

$$\delta = \delta_{grav} + \delta_{SRP},$$

C_r : коэффициент отражательной способности спутника в начале срока эксплуатации, колеблется от 1 до 2 в зависимости от характеристик его поверхности;

A : площадь ракурса спутника, подвергающаяся воздействию Солнца (м^2);

M : сухая масса спутника (кг).

(Соотношение A/M , как правило, составляет до 0,01 до 0,1 в зависимости от характеристик спутника.)

Сочетание уравнений (1), (2) и (3) дает требование минимальной высоты перигея перехода на другую орбиту над высотой ГСО, с тем чтобы обеспечить, что спутник при утилизации по окончании срока эксплуатации не возвращается в защищаемую зону ГСО, которая распространяется на 200 км выше геостационарной орбиты:

$$\Delta H > 235 + 1000 C_r A/M \quad (4)$$

для значений эксцентриситета $< 0,003$.

Когда плоскость орбиты и линия апсид благоприятно соотносятся, иногда возможны меньшие высоты перигея орбиты захоронения, которые все же не достигнут зоны ГСО по меньшей мере в ближайшие 100 лет.

2 Лимит и запас топлива

Операторам космических аппаратов рекомендуется контролировать расходование топлива на борту для обеспечения наличия количества, необходимого для произведения должного маневра по окончании срока эксплуатации. Признано, что некоторые находящиеся на ГСО работающие спутники могут испытывать трудности с выполнением этой задачи и что это может повысить риск столкновений. Кроме того, рекомендуется добавить к лимиту запас топлива для учета эффекта неточностей в определении орбиты и возможных ошибок при выполнении маневра.

Рекомендуется следовать комплексной стратегии маневра, чтобы поднять перигей орбиты на проектируемую минимальную высоту, сводя тем самым к минимуму последствия отказа силовой установки из-за неисправности или недостаточного запаса топлива.

По достижении минимальной высоты перигея необходимо продолжать следовать комплексной стратегии маневра, последовательно повышая перигей орбиты, используя в максимальной степени все остающееся топливо и, при необходимости, вытеснительных агентов. Когда все остающееся топливо и вытеснительные агенты израсходованы, следует пассивировать все другие источники энергии на борту (аккумуляторы, гироскопы), с тем чтобы избежать возможной фрагментации.
