

ГЛАВА 12

ТРЕБОВАНИЯ НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ	3
2.	СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ на ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	3
2.1.	Наземный этап.....	4
2.2.	Этап запуска.....	4
2.3.	Этап на орбите.....	4
2.3.1.	Геостационарная орбита.....	5
2.3.1.1.	Электроны.....	5
2.3.1.2.	Протоны.....	5
2.3.1.3.	Альфа-частицы	6
2.3.1.4.	Космическое излучение	6
2.3.1.5.	Ультрафиолетовое излучение	6
2.3.1.6.	Плазма.....	6
2.3.1.7.	Микрометеориты.....	6
2.3.2.	Опорная, переходная орбита и орбита дрейфа.....	7
2.4.	Защита от электростатического разряда.....	7
2.5.	Воздействие окружающей среды, создаваемой космическим аппаратом.....	7
2.6.	Защита от излучения	8
3.	ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ (ЕМС)	8
3.1.	ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	8
3.2.	Запас надежности	8
3.3.	Внешняя ЕМС КА	8
3.4.	Внутренняя ЕМС КА.....	9
3.5.	Защита от образования заряда	9

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Космический аппарат должен выдерживать воздействие или быть защищенным от при наихудшей возможной комбинации внешних воздействий, которым он может быть подвержен в течение всего срока жизни, т.е. на земле, включая производство, погрузочные работы, сборку и интеграцию, испытания, хранение и перевозку до запуска, во время запуска, включая пребывание на опорной орбите, и на орбите, включающую пребывание на переходной орбите и орбите дрейфа.

Космический аппарат (КА) должен быть способен обеспечивать удовлетворительную работу в течение САС после воздействия и при воздействии внешних факторов, которые описаны в настоящем тексте.

Испытания на внешние воздействия не должны приводить к необратимому ухудшению рабочего состояния КА, его подсистем, и оборудования, влияющего на его удовлетворительное функционирование.

Проектные условия КА должны выбираться как можно более близкими к экстремальным условиям окружающей среды. Когда принимается решение по проектным условиям эффект неблагоприятного влияния от длительность испытаний на уровне оборудования должен быть учтен, а общая продолжительность испытаний должна быть основана исходя из как минимум трех прогонов испытаний на системном уровне, одно из которых должно быть протолетным квалификационным испытанием. КА и его оборудование должны быть способны выдержать такую серию внешних воздействий на системном уровне и, впоследствии, обеспечивать удовлетворительную работу на протяжении САС.

Внешнее воздействие, определенное для проектирования и испытания КА, должно:

- превышать экстремальных значений внешних воздействий, оказывающих на КА воздействие на протяжении всего САС, с демонстрацией положительных запасов;
- не быть превышенными во время производства, погрузочно-разгрузочных работ, сборки и интеграции, испытаний и транспортировки КА.

Внешние воздействия, определенные для проектирования и испытания оборудования, должны

- превышать экстремальных внешние воздействия, испытываемые на протяжении всего САС, с демонстрацией положительных запасов;
- не быть превышенными во время производства, погрузочно-разгрузочных работ, сборки и интеграции, испытаний и транспортировки оборудования.

2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Работы по выполнению специальных требований на внешние воздействия будут выполняться в три отдельных этапа:

- наземный этап, включающий производство, погрузочно-разгрузочные работы, сборку и интеграцию, испытания, хранение и транспортировку до запуска;
- этап запуска, включая опорную орбиту;
- этап на орбите, включая переходную орбиту и орбиту дрейфа.

КА должен соответствовать всем требованиям по надежности соответствующих контрольных органов в любой момент на протяжении этих трех этапов.

2.1. НАЗЕМНЫЙ ЭТАП

Условия внешних воздействий, действующих во время наземного этапа, должно контролироваться таким образом, чтобы они были существенно слабее по сравнению с этапом запуска и этапом на орбите, за исключением условий на внешние воздействия во время испытаний.

КА должен выдерживать воздействие или быть защищенным от эффектов исходящих от:

- неблагоприятных погодных условий;
- изменений давления;
- изменений температуры;
- изменений относительной влажности;
- ударных или вибрационных нагрузок;
- загрязнений, включая загрязнение внешними источниками.

Нормальные режимы транспортировки должны включать воздушный и наземный транспорт. Перевозка морем считается приемлемой в исключительных случаях и должна ограничена для расходных материалов или конкретным единицам оборудования с предварительного одобрения ГПКС.

2.2. ЭТАП ЗАПУСКА

КА должен выдерживать наихудшие условия внешних воздействий, которым он может быть подвержен во время запуска, специфицированных для всех ракет-носителей (РН).

КА должен быть совместим со всеми специфицированными РН с учетом требуемых запасов в отношении:

- предельных полетных нагрузок;
- собственных частот продольных и изгибающих колебаний КА;
- собственных частот вторичных конструкций и изгиба внешних элементов;
- внешние воздействия синусоидальной вибрации;
- внешние воздействия случайных и акустических вибраций;
- внешние воздействия ударных нагрузок;
- внешние воздействия температурных нагрузок и перепада давлений.

КА должен соответствовать внешним воздействиям на опорной орбите и воздействию источников загрязнения, включая, продукты дегазации от КА.

2.3. ЭТАП НА ОРБИТЕ

КА должен обеспечивать удовлетворительную работу в течение всего САС и во всех условиях внешних воздействий во время этапа на орбите, включая переходную орбиту и орбиту дрейфа.

КА, его подсистемы и оборудование должны выдерживать воздействие или быть защищенными от воздействия всех указанных выше внешних воздействий с учетом запасов.

В отношении всего аппаратного обеспечения КА (за исключением солнечных элементов, для которых применяются максимальные дозы накопленной радиации) применяется запас в 20% с учетом доз накопленной радиации в течение всего САС при наихудшем случае условий эксплуатации, рассчитанных для наихудшего случая абсолютного положения на геостационарной орбите, включая смещение КА.

КА должен выдерживать воздействие или быть защищенным от внешних воздействий на переходной орбите и орбите пассивного полета, а также источников загрязнения, включая продукты дегазации от КА и отражение реактивной струи двигателя.

От Подрядчика

От ГПКС

Условия внешних воздействий на этом этапе определяются условиями околоземного пространства и включают, как минимум:

- космический вакуум;
- солнечное излучение, включая сезонные изменения;
- радиацию и альбедо Земли;
- ультрафиолетовое излучение;
- излучение заряженных частиц (включая электроны, протоны, космические лучи и плазму);
- микрометеориты.

Подрядчик должен нести полную ответственность за определение внешних воздействий орбитальной фазе полёта, которые следует учитывать при проектировании КА, его подсистем и оборудования. При расчете "минимальных" внешних воздействий, однако, используются приведенные ниже модели условий космического пространства.

Подрядчик должен постоянно пересматривать условия на внешние воздействия, и в результате в будущем обновлять эти модели на основе новых данных об условиях космического пространства. Если такие пересмотры приводят к ужесточению требований к внешним воздействиям по сравнению с "минимальными" условиями внешних воздействия, его последствия будут проанализированы и, соответственно, обсуждены с ГПКС.

При этом особо подчеркивается, что те модели, которые приведены ниже, представляют собой наиболее точные оценки параметров среды околоземного космического пространства на основе имеющихся данных.

2.3.1. Геостационарная орбита

2.3.1.1. Электроны

"Минимальное" внешнее воздействие для захваченных электронов на геостационарной орбите описывается усредненным по времени интегральным спектром потока (количество электронов/(м² с), умноженное на энергию в МэВ), определенным по модели AE8-Max.

Примечание: Модель AE8, National Space Science Data Centre, NASA-Goddard Space Flight Centre, Greenbelt, MD, USA

2.3.1.2. Протоны

"Минимальное" внешнее воздействие для захваченных протонов с низкой энергией описывается усредненным интегральным спектром потока (количество протонов/(м² с), умноженное на энергию в МэВ), определенным по модели AP8.

Примечание: Модель AP8, National Space Science Data Centre, NASA-Goddard Space Flight Centre, Greenbelt, MD, USA

"Минимальное" внешнее воздействие для протонов с высокой энергией должно быть представлено составом солнечной вспышки 20-го солнечного цикла по модели SOLPRO (Stassinopoulos & King) или NASA-X-600-85-12. Для учета сильных солнечных вспышек, которые могут произойти в любое время, спектр приводится для полного цикла и не может прогнозироваться на основе любой другой шкалы времени (напр., количества протонов/(м² цикл), умноженное на энергию в МэВ). Аномально сильные (AC) солнечные вспышки описываются как окружающее космическое излучение.

2.3.1.3. Альфа-частицы

Интегральный спектр потока альфа-частиц принимается равным как минимум 5% спектра протонов, описанного выше.

2.3.1.4. Космическое излучение

Внешнее воздействие космического излучения описывается для двух случаев, рассматриваемых отдельно:

- космическое излучение средней силы, состоящее из галактических космических лучей и вклада типичных солнечных вспышек;
- аномально сильные солнечные вспышки (ограничивая рассмотрение протонными солнечными вспышками).

Космическое излучение может вызывать единичные и множественные сбои в работе логических цепей (так называемые «софт» ошибки) и эффекты "защелкивания" в цифровых контурах. Соответствующие устройства должны быть способны выдерживать условия космического излучения без сбоев в работе логических цепей или эффектов "защелкивания" или иметь защиту от воздействия сбоев в работе логических цепей или эффектов "защелкивания".

2.3.1.5. Ультрафиолетовое излучение

Спектр УФ-излучения должен быть нормализован по кривым Джонсона для солнечной постоянной на 1 астрономическую единицу на $1,4 \times 10^3$ Вт/м².

2.3.1.6. Плазма

"Минимальное" внешнее воздействие плазмы на геостационарной орбите описываются следующими параметрами:

- плотность числа электронов - $1,12 \times 10^6$ /м³;
- энергия электронов - $1,2 \times 10^4$ эВ;
- плотность числа ионов - $2,36 \times 10^5$ /м³;
- энергия ионов - $2,95 \times 10^4$ эВ.

В наземных испытаниях применяются электронные лучи, токи и энергии которых соответствуют указанным выше требованиям.

2.3.1.7. Микрометеориты

"Минимальный" проникающий поток микрометеоритов на геосинхронных высотах описывается данными в таблице ниже, где "d" - глубина проникновения в алюминий, а Σm - количество микрометеоритов, проникающих на эту глубину/(день*кв. м.) Диаметр кратера, образующегося в результате удара частицы, принимается равным минимальному пятикратному значению глубины проникновения частицы.

d (м)	Σm (/м ² день))
10^{-5}	7.0×10^{-1}
4×10^{-5}	3.5×10^{-1}
10^{-4}	1.0×10^{-1}
4×10^{-4}	7.0×10^{-3}
10^{-3}	6.0×10^{-4}
4×10^{-3}	1.0×10^{-5}
10^{-2}	5.0×10^{-7}

От Подрядчика

От ГПКС

4×10^{-2}

4.5×10^{-9}

2.3.2. Опорная, переходная орбита и орбита дрейфа

Номинальные условия опорной и переходной орбит и орбиты дрейфа можно не включать в проектное рассмотрение в том случае, если вклад излучения в околоземном пространстве во время пребывания на этих орбитах пренебрежимо мал по сравнению с совокупным воздействием факторов геостационарной орбиты во время срока жизни КА.

2.4. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА

Эксплуатационные качества КА не должны ухудшаться под воздействием плазмы или проникающих электронов в окружающем околоземном пространстве. Для этого требуется, чтобы:

- материалы КА, подверженные воздействию указанных выше факторов, сохраняли свои качества в установленных пределах в течение всего срока действия этих факторов;
- эти материалы, подвергшись воздействию указанных выше факторов, не допускали образования электростатических разрядов, способных повредить материалы или вызвать помехи в работе электрических узлов КА;
- все материалы КА, которые подвержены воздействию указанных выше факторов, были проверены в ходе испытаний и признаны пригодными к использованию;
- на конструктивных элементах КА должна быть закреплена термоизоляция таким образом, чтобы сопротивление между конструкцией КА и любыми частями слоя термоизоляции было достаточно малым для предотвращения образования заряда;
- подверженные воздействию внешней среды диэлектрические материалы (кабели и т.д.) должны иметь достаточно низкое сопротивление во избежание накопления заряда в результате проникновения быстрых электронов (исключения можно согласовать, если данные о накоплении заряда свидетельствуют о возможности применения других материалов);
- применение незафиксированной металлизации не допускается; решение об исключениях принимаются в каждом конкретном случае при условии соблюдения признанного стандарта.

2.5. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, СОЗДАВАЕМОЙ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ

Космический аппарат, его подсистемы и оборудование должны выдерживать воздействие или быть защищены от воздействия факторов окружающей среды, которые связаны с самим КА и могут воздействовать на них на земле, включая производство, погрузочно-разгрузочные работы, сборку, подключение, испытания, хранение и перевозку до запуска, во время запуска, включая пребывание на опорной орбите, и на рабочей орбите, включая пребывание на переходной орбите и дрейфовой орбите.

Подрядчик должен продемонстрировать с помощью испытаний и, если понадобится, анализов, что конструкторская разработка совместима со всеми факторами воздействия окружающей среды, которые связаны с самим КА, включая следующее, но не ограничиваясь:

- источники загрязнения, включая продукты дегазации от КА и отражение реактивной струи двигателя малой тяги;
- ударные воздействия, вызванные действием пиротехнического оборудования;
- ударные воздействия, вызванные освобождения и фиксации раскрываемых элементов оборудования/подсистем;

От Подрядчика

От ГПКС

- факторы динамического механического и температурного воздействия окружающей среды, связанные с работой двигателей СОС (включая запуски апогейного/перигейного двигателя);
- факторы динамического механического воздействия, связанные с запуском и работой механизмов.

Внешние воздействия, связанные с КА, ни при каких обстоятельствах не могут вызывать непреднамеренный запуск или остановку, срабатывание, технический сбой или деградацию характеристик КА, его подсистем и оборудования.

2.6. ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ

Подрядчик должен разработать план, демонстрирующий как будут выполняться подтверждения удовлетворительности операций КА. В этом плане должен обеспечивать испытательную, проверочную и квалификационную компоненты для определённых радиационных внешних воздействий. Такие испытания должны включать общую дозу излучения, испытания однократных сбоев и «запираания», а также подтверждение помеховых пределов датчика. Меры предосторожности должны быть сделаны для адекватной защиты чувствительных цепей датчиков и для демонстрации при помощи анализа/испытаний такой адекватности.

3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ (ЕМС)

3.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

При разработке КА следует обеспечить электромагнитную совместимость (ЕМС) всего оборудования и всех его подсистем друг с другом при воздействии самоиндуцированного и внешнего электромагнитного излучения.

При анализе ЕМС принимаются во внимание следующие аспекты:

- кондуктивное излучение;
- кондуктивная восприимчивость;
- эмиссионное излучение;
- эмиссионная восприимчивость;
- Защита от электростатических разрядов.

КА не должен генерировать каких-либо помех, кондуктивных или радиационных, которые могут оказать неблагоприятное воздействие на рабочие характеристики при операции на элементах космического комплекса, в частности, пускового комплекса или коллокирующий КА, или собственной характеристики (самосовместимость).

КА должен быть невосприимчив при наличии кондукционных или радиационных помех, генерируемых элементами космического комплекса, в частности, стартовый комплексом или коллокирующим КА, или его собственным излучением (автосовместимость).

3.2. ЗАПАС НАДЕЖНОСТИ

Запас по надежности по электромагнитным помехам должен быть обеспечен для всех условий эксплуатации.

Минимальный запас надежности составляет

- 20дБ для критичных с точки зрения безопасности цепей или устройств сопряжения
- 6 дБ для всех прочих цепей или устройств сопряжения.

3.3. ВНЕШНЯЯ ЕМС КА

КА должен обеспечивать непрерывную удовлетворительную эксплуатацию КА при электромагнитном внешнем воздействии от внешних источников, то есть природные источники, источники созданные человеком, преднамеренное воздействие или нет.

КА должен удовлетворительно работать при коллокации КА, характеристики которых даны в документе AD(5-20).

Электромагнитные внешние воздействия, рассматриваемые с точки КА, и требований EMC во время предпусковой и пусковой фаз должны соответствовать условиям, оговоренным в инструкциях по эксплуатации соответствующих ракет-носителей.

КА должен соответствовать нормам по защите в диапазонах частот радиометрии и связи.

КА должен быть защищен как от прямого, так и от косвенного воздействия электростатических разрядов (ЭСР), так чтобы обеспечить непрерывную удовлетворительную эксплуатацию КА в течение всего срока жизни после воздействия ЭСР.

Конструкция КА должна быть спроектирована таким образом, чтобы предотвратить неблагоприятное воздействие электромагнитного излучения в общих условиях электромагнитной окружающей среды на операторов, топливо, системы подрыва и двигатели с электрическим запуском, включая источники возможных помех от возможных внешних передатчиков.

3.4. ВНУТРЕННЯЯ EMC КА

КА должен обеспечивать непрерывную удовлетворительную эксплуатацию в электромагнитной внешней среде связанной с источниками на борту, преднамеренном воздействии или нет.

Все функциональные цепи КА должны быть взаимно совместимы при необходимом запасе надежности во всех режимах работы КА.

3.5. ЗАЩИТА ОТ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАРЯДА

КА должен быть способен непрерывно удовлетворительно эксплуатироваться в специфицированных условиях плазменной среды и быстрых электронов в ее составе без снижения надежности КА и изменения его эксплуатационных режимов, положения или ориентации.

Все проводящие части, даже очень малого размера, например, металлические шильдики, должны быть соединены с основными элементами конструкции КА через заземляющие или зарядоотводящие цепи.

Присутствие незакрепленных металлических частей не допускается без каких-либо исключений, и такие части должны быть удалены (напр., датчики деформации или акселерометры, установленные для механических испытаний, термодары для температурных испытаний).