

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ

ISO 16126

Первое издание
2014-04-01

Космические системы. Оценка живучести беспилотных космических аппаратов в борьбе с космическим мусором и метеорными телами для обеспечения успешного увода аппарата после завершения миссии

*Space systems — Assessment of survivability of unmanned spacecraft
against space debris and meteoroid impacts to ensure successful post-
mission disposal*

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер
ISO 16126:2014(R)

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 16126:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3b36a3c8-8905-4d9e-8076-10ad41c5173b/iso-16126-2014>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2014

Все права сохраняются. Если не задано иначе, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия офиса ISO по адресу, указанному ниже, или членом ISO в стране регистрации пребывания.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	iv
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	1
4 Аббревиатуры	3
5 Требования к оценке выживания после удара	3
6 Процедура оценки выживания после воздействия	3
6.1 Общие положения	3
6.2 Определение требований для выживания	4
6.3 Анализ риска соударения	4
7 Процедура для проведения простого анализа риска от соударения	4
7.1 Общие положения	4
7.2 Операционные параметры космического корабля и его архитектурный дизайн	5
7.3 Идентификация критических компонентов и поверхностей	5
7.4 Баллистические пределы	6
7.5 Анализ возможности отказа	6
7.6 Завершение анализа	6
8 Процедура для проведения детального анализа риска соударения	7
8.1 Общие положения	7
8.2 Операционные параметры космического корабля и дизайн архитектуры	7
8.3 Идентификация критически важных компонентов	7
8.4 Баллистические ограничения	8
8.5 Анализ вероятности отказа	9
8.6 Итерации анализа	9
Приложение А (информативное) Дополнительная информация о простой процедуре анализа риска соударения	10
Приложение В (информативное) Уравнения баллистического предела	12
Приложение С (информативное) Необходимая информация для тестирования и моделирования гиперскоростного удара	14
Приложение D (информативное) Метод вычисления вероятности отсутствия отказа при соударении с внешними телами	16
Приложение Е (информативное) Варианты для улучшения выживания	17
Библиография	19

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Процедуры разработки документа и дальнейшего ведения его установлены в Директивах ISO/IEC, Часть 1. В частности, следует отметить необходимость других критериев одобрения для различных типов документов ISO. Данный документ разработан в соответствии с правилами, установленными в Директивах ISO/IEC, Часть 2. www.iso.org/directives.

Следует иметь в виду, что некоторые элементы данного документа могут быть объектом патентных прав. Организация ISO не должна нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав. Детали объекта патентных прав размещаются в разделе Введение и/или на сайте ISO в разделе Патентных прав. www.iso.org/patents

Любое торговое имя используемое в этом документе является информацией предоставляемой для удобства пользователей и не является передаточной надписью.

За разъяснениями о значении специфических терминов и выражений ISO, относящихся к оценке соответствия, а также информации о следовании ISO принципам ВТО о технических барьерах в торговле (TBT – Technical Barriers to Trade) см. по следующему URL: Предисловие - Дополнительная информация [Foreword - Supplementary information](#)

Данный документ разработан Техническим комитетом ISO/TC 20 *Авиационные и космические аппараты*, Подкомитетом SC 14, *Космические системы и их эксплуатация*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3b36a3c8-8905-4d9e-8076-10ad41c5173b/iso-16126-2014>

Космические системы. Оценки живучести беспилотных космических аппаратов по борьбе с космическим мусором и метеорными телами для обеспечения успешного увода аппарата после завершения миссии

1 Область применения

Этот международный стандарт определяет требования и порядок оценки живучести беспилотного космического аппарата в условиях воздействия космического мусора и метеорных тел для обеспечения критических компонентов, необходимых для выполнения увода аппарата после завершения миссии. Настоящий международный стандарт также описывает две процедуры анализа риска удара, которые могут быть использованы для удовлетворения потребностей. Процедуры соответствуют тем, которые определены в работах [1] и [2].

Этот международный стандарт является частью комплекса международных стандартов, которые в совокупности направлены на снижение роста космического мусора путем обеспечения дизайна космических аппаратов, которые проектируются, эксплуатируются и утилизируются таким образом, чтобы предотвратить генерацию мусора во время их нахождения на орбите. Все требования к устранению первичного мусора содержатся в международном стандарте верхнего уровня [3]. Остальные международные стандарты, в том числе и данный, обеспечивают методы и процессы, обеспечивающие соответствие основным требованиям.

2 Нормативные ссылки

Следующие документы, полностью или частично, являются нормативно упомянутыми в настоящем документе и необходимы для его применения. Для датированных ссылок применяется только цитированное издание. Для недатированных ссылок используется последнее издание ссылочного документа (включая любые поправки).

ISO 10795:2011, *Космические системы. Менеджмент и качество программ. Словарь*

3 Термины и определения

Для целей настоящего документа применяются термины и определения, приведенные в ISO 10795:2011.

3.1

зона риска

at-risk area

площадь той части поверхности аппарата, которая наиболее уязвима для воздействия космического мусора или метеоритов

Примечание 1 к статье: См. А. 1 Для более подробного объяснения зоны риска.

3.2

баллистический предел

ballistic limit

порог несрабатывания структуры при внешнем воздействии

Примечание 1 к статье: Общий порог отказа определяется критической массой соударяющейся частицы, при которой происходит перфорация. Однако, в зависимости от характеристик объекта удара, возможны сбои, отличные от перфорации.

3.3
катастрофические соударения
catastrophic collision

соударения, ведущие к разрушению или фрагментации космического аппарата

3.4
критический компонент
critical component

компонент, сбой которого помешает завершению важной функции на космических кораблях, таких, как вывод корабля после завершения миссии

3.5
критическая поверхность
critical surface

поверхность компонента, повреждение которой при соударении, может вызвать отказ того или иного элемента

3.6
вывод из эксплуатации
disposal

действия, совершаемые космическим аппаратом, чтобы снизить риск его случайного отказа и достичь гарантированную сохранность охраняемых регионов

[ИСТОЧНИК: модифицированный стандарт ISO 24113:2011, 3.4]

3.7
выживание при соударении
impact survivability

способность аппарата функционировать после воздействия космического мусора или воздействия метеороидов

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Мерой живучести при ударе является вероятность отсутствия отказа (PNF).

3.8
смертельное соударение
lethal collision

столкновение, ведущее к потере критически важных компонентов на космическом корабле

3.9
время жизни на орбите
orbital lifetime

период времени, после которого космический аппарат достигает орбиты Земли или когда он приступает к новому циклу работы

[ИСТОЧНИК: модифицированный ISO 24113:2011, 3.12]

3.10
защищенный регион
protected region

область в пространстве, защищенная с учетом образования космического мусора для обеспечения ее безопасного и устойчивого использования в будущем

[ИСТОЧНИК: ISO 24113:2011, 3.14]

3.11**повторный вход****re-entry**

процесс, в котором аэродинамического сопротивление каскадов торможения космического аппарата (или его части), ведет к его разрушению или возвращению на Землю

[ИСТОЧНИК: Модифицированный ISO 24113:2011, 3.15]

3.12**космический мусор****space debris****орбитальный мусор****orbital debris**

сделанные человеком объекты, включая фрагменты и элементы, которые находятся на орбите вокруг Земли или входят в атмосферу и не функционируют

[ИСТОЧНИК: ISO 24113:2011, 3.17]

3.13**космический аппарат****spacescraft**

система, созданная для того, чтобы решать конкретные задачи или выполнять функции в космическом пространстве

[ИСТОЧНИК: ISO 24113:2011, 3.18]

4 Аббревиатуры

BLE	Уравнение баллистического предела
HVI	Воздействие на гиперскорости (hypervelocity impact)
IADC	Координационный комитет по космическому мусору
ISO	Международная организация по стандартизации
M/OD	Орбитальный/метеоритный мусор
PNF	Вероятность того, что нет отказа
PNP	Вероятность того, что нет проникновения
S/C	Космический корабль (spacescraft)

5 Требования к оценке выживания после удара

5.1 При проектировании космического аппарата, если требуется оценка для определения живучести космического аппарата в отношении космического мусора и воздействия метеорных тел с целью обеспечения успешного завершения миссии, тогда процедура, описанная в Пункте 6, должна быть соблюдена.

5.2 Результаты оценки живучести после воздействия, используемой методологии, и любых допущений должны быть утверждены заказчиком космического аппарата.

6 Процедура оценки выживания после воздействия**6.1 Общие положения**

6.2 и 6.3 описывают процедуру оценки воздействия космического мусора и метеорных тел на живучесть космического аппарата.

6.2 Определение требований для выживания

6.2.1 Указать требование живучести космического аппарата в отношении космического мусора и воздействия метеорных тел с целью обеспечения успешного увода аппарата с орбиты.

6.2.2 Выразить требование живучести в условиях минимально допустимого значения отсутствия отказа при ударе, PNF_{min} , в течение этапа эксплуатации космического аппарата.

ПРИМЕЧАНИЕ Этап эксплуатации космического аппарата можно понять, обратившись к Приложению В в источнике [3].

6.3 Анализ риска соударения

6.3.1 Выполнить влияние анализа рисков, чтобы определить и сравнить влияние вероятности отсутствия сбоя космического корабля при внешнем воздействии $PNF_{s/c}$, при минимально допустимом значении PNF_{min} .

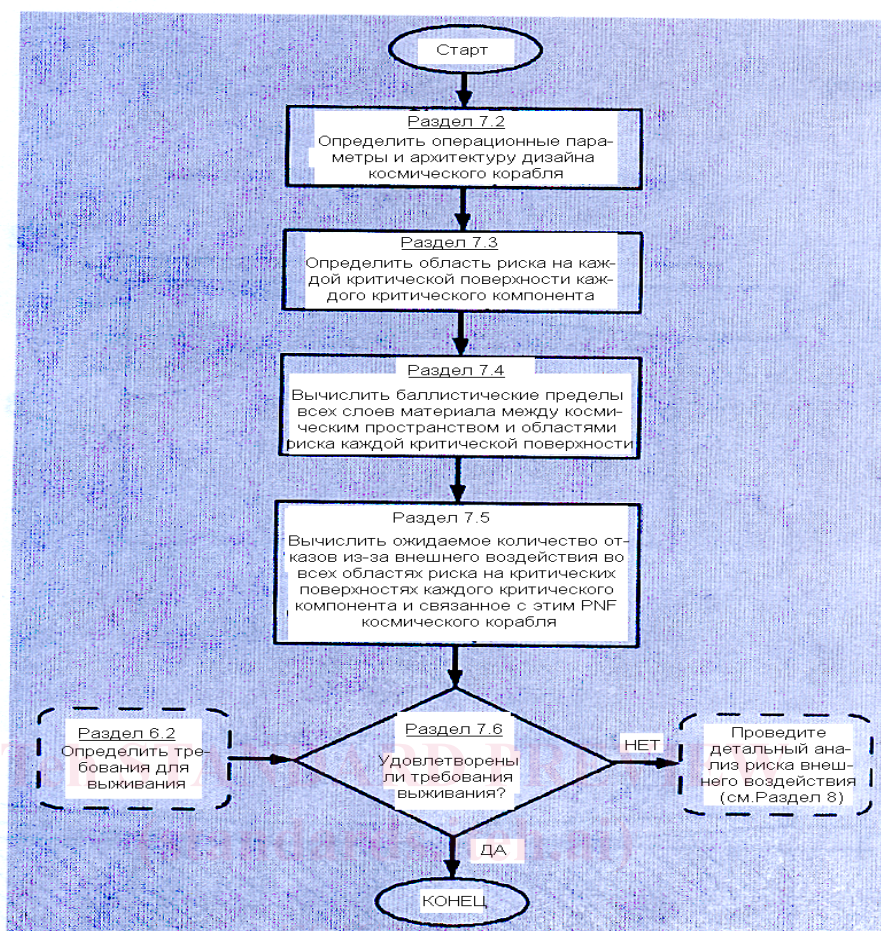
6.3.2 Если $PNF_{s/c} < PNF_{min}$, тогда предпринимайте необходимые шаги для уменьшения риска соударения.

ПРИМЕЧАНИЕ Разделы 7 и 8 описывают две процедуры для анализа и уменьшения последствий риска.

7 Процедура для проведения простого анализа риска от соударения

7.1 Общие положения

7.1.1 Порядок проведения простого анализа риска, что космический корабль не сможет успешно пройти операцию увода с орбиты из-за воздействия космического мусора и метеорных тел, показан на Рисунке 1. Процедура, которая основана на рекомендациях из источника [1], используется, чтобы определить, может ли воздействие от малогабаритного космического мусора и метеороидов вызвать выход из строя компонентов, которые имеют решающее значение для увода с орбиты. То есть процедура заключается в оценке вероятности смертоносного столкновения, а не катастрофических столкновений. Если анализ риска показывает, что существует значительная вероятность неудачи, то это указывает на необходимость более тщательного анализа, чтобы определить и проверить возможную защиту усовершенствования корабля, включая дизайн экранирования. Раздел 8 предусматривает такой подход.



<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3b36a3c8-8905-4d9e-8076-10ad41c5173b/iso-16126-2014>

Рисунок 1— Процедура для определения простого анализа риска для космического аппарата от космического уровня и воздействия метеоритов

7.1.2 Пункты от 7.2 до 7.6 описывают каждый шаг этого процесса.

7.2 Операционные параметры космического корабля и его архитектурный дизайн

7.2.1 Определить рабочие параметры космического аппарата, например, его орбиту и ориентацию по высоте по отношению к направлению движения.

7.2.2 Определить архитектуру конструкции космического аппарата, например его конфигурацию, размеры и свойства материала каждой из поверхностей, включая любые экраны.

7.3 Идентификация критических компонентов и поверхностей

7.3.1 Идентифицировать каждый компонент космического корабля, который вносит вклад в вывод корабля после завершения миссии.

7.3.2 Для каждого компонента определенного в 7.3.1, надо определить его избыточность, режимы повреждения и критерии разрушения.

7.3.3 Используйте анализ надежности техники, такой как анализ дерева отказов или модели отказов и анализ видов и последствий, чтобы определить на системном уровне последствия, которые могут возникнуть, когда каждый из компонентов в 7.3.2 поврежден от удара.

7.3.4 Определить критические компоненты, т. е. те компоненты, которые, при повреждении в результате удара, будут мешать нормальному завершению миссии.

7.3.5 Для каждого критического компонента определить его наиболее критическую поверхность.

7.3.6 Для каждого критического компонента вычислить риск его самых критических поверхностей.

ПРИМЕЧАНИЕ А.1 содержит дополнительные сведения по расчету риска в зоне критической поверхности.

7.4 Баллистические пределы

Для каждой критической поверхности сделайте следующее:

- a) выявите другие элементы космического аппарата, например, изделия и конструкции, которые лежат между зоной риска критической поверхности и космической средой;
- b) в том направлении, где материал, защищающий критическую поверхность зоны риска от космической среды, имеет наименьшую толщину, определите эту толщину и плотность каждого слоя материала;
- c) в направлении, которое имеет наименьший уровень защиты материала, защищающего зону риска критической поверхности от космической среды, надо просуммировать плотность слоев, чтобы получить общую плотность между зоной риска критической поверхности и окружающей средой;
- d) рассчитайте минимальный диаметр космического мусора или метеорита с ударным механизмом, который позволит проникнуть в общую поверхность между зоной риска и окружающей средой.

ПРИМЕЧАНИЕ А.2 содержит дополнительные сведения по расчету плотности и минимального диаметра ударного предмета, который позволит проникнуть в заданную плотность.

7.5 Анализ возможности отказа

7.5.1 Для каждой критической поверхности определите ожидаемое количество отказов, вызванных внешним воздействием, в зоне риска критической поверхности.

7.5.2 Просуммируйте ожидаемое число вызванных ударами неудач в районах критических поверхностей, чтобы получить ожидаемое число вызванных ударом отказов всех критически важных компонентов.

7.5.3 Вычислите вероятность того, что один или более из критических компонентов откажут на этапе эксплуатации космического аппарата в результате соударения с космическим мусором или метеоритами, т. е. определить вероятность отсутствия сбоя космического корабля, $PNF_{s/c}$, чтобы реализовать процедуру его увода с орбиты.

ПРИМЕЧАНИЕ А.3 предоставляет дополнительную информацию о расчете ожидаемого числа вызванных ударом отказов и вероятности отказа.

7.6 Завершение анализа

7.6.1 Если $PNF_{s/c} \geq PNF_{min}$, завершайте анализ.

7.6.2 Если $PNF_{s/c} < PNF_{min}$, тогда проведите детальный анализ риска соударения.

ПРИМЕЧАНИЕ Раздел 8 описывает процедуру для проведения детального анализа риска соударения.

8 Процедура для проведения детального анализа риска соударения.

8.1 Общие положения

8.1.1 Порядок проведения детального анализа риска того, что космический корабль не сможет успешно завершить свою миссию в результате воздействия объектов малых размеров космического мусора и метеорных тел, показан на Рисунке 2. Процедура заключается в оценке смертоносного столкновения, а не катастрофических столкновений. Процедура, которая основана на том, что рекомендовано в источнике [2], используется для того, чтобы обеспечить более точное определение вероятности выхода из строя космических аппаратов $PNF_{s/c}$, чем полученная в Разделе 7. Это важно при принятии решения о необходимости дополнительной защиты на космическом корабле и дизайне этой защиты.

8.1.2 На Рисунке 2 представлен простой пример из ключевых этапов процедуры и информационных потоков между этими шагами. Вполне возможно, что реализация такой процедуры на практике может быть сложнее, чем это изображено на рисунке.

8.1.3 В Разделах от 8.2 до 8.6 описан каждый шаг этой процедуры.

8.2 Операционные параметры космического корабля и дизайн архитектуры

8.2.1 Определить рабочие параметры аппарата, такие как свою орбиту и отношение ориентации по отношению к направлению движения.

8.2.2 Определить архитектуру конструкции космического аппарата, например его конфигурацию и размеры, и свойства материала каждого из ее поверхностей, включая любые экранирования.

8.3 Идентификация критически важных компонентов

8.3.1 Идентифицировать каждый компонент космического корабля, который вносит свой вклад в увод корабля после завершения миссии.

8.3.2 Для каждого компонента, определенного в 8.3.1, определите его избыточность, способы нанесения ущерба и критерии отказа.

8.3.3 Используйте технику анализа надежности, такую, как анализ дерева отказов или моделей отказов, а также анализ последствий, чтобы определять на системном уровне последствия, которые могут последовать, когда каждый из компонентов в 8.3.2 поврежден от удара.

8.3.4 Определить критические компоненты, т. е. те компоненты, которые при повреждении в результате удара будут мешать выводу космического аппарата с орбиты.