
**Космические системы.
Определение уровней и критериев
оценки технологической готовности
(TRL) космических систем и их
элементов**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standard preview)

*Space systems — Definition of the Technology Readiness Levels
(TRLs) and their criteria of assessment*

ISO 16290:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9abd48b9-a44b-425b-b57d-49f33f6702ee/iso-16290-2013>

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



Ссылочный номер
ISO 16290:2013(R)

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 16290:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9abd48b9-a44b-425b-b57d-49f33f6702ee/iso-16290-2013>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2013

Все права сохраняются. Если не указано иное, 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 ISO по адресу 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
Введение	v
1 Область применения	1
2 Термины и определения	1
3 Уровни технологической готовности.....	5
3.1 Основные положения.....	5
3.2 TRL 1. Получение и задание основных принципов	6
3.3 TRL 2. Формулирование концепции технологии и/или использования	6
3.4 TRL 3. Аналитическая и экспериментальная критическая функция и/или концепция с характеристиками	7
3.5 TRL 4. Оценка функциональности компонента и/или модели в лабораторных условиях.....	7
3.6 TRL 5. Оценка критической функции компонента и/или модели в релевантной среде.....	8
3.7 TRL 6. Критические функции испытания модели в релевантной среде	9
3.8 TRL 7. Демонстрационная модель в условиях эксплуатации	10
3.9 TRL 8. Конечная система разработана и прошла летную квалификацию испытаниями и демонстрацией.....	11
3.10 TRL 9. Конечная система, прошедшая летную квалификацию удачными испытаниями.....	11
4 Сводная таблица	11
Библиография	14

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.

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

(standards.iteh.ai)

ISO 16290:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9abd48b9-a44b-425b-b57d-49f33f6702ee/iso-16290-2013>

Введение

Уровни технологической готовности (TRL) используются для определения статуса отработанности космических технологий. Отработанные технологии соответствуют высшему уровню технологической готовности (TRL 9) или допуску к летным испытаниям космической системы или ее элемента.

Шкала оценки TRL может применяться во многих областях, включая:

- a) контроль готовности технологий, специфичных для данной конкретной космической программы или будущих программ на ранних этапах их подготовки
- b) оценку уровня завершенности проекта по созданию космической системы для принятия решения по его реализации
- c) мониторинг развития космических технологий.

В Разделе 3 данного стандарта описаны определения уровней TRL. В Разделе 4 данного стандарта имеется сводная результирующая таблица, дающая возможность оценить уровни TRL. Детальные процедуры оценки уровней TRL устанавливаются соответствующими организациями или институтами в рамках их совместной деятельности.

Стандарт разработан с учетом существующих документов по данной тематике, в частности, документы National Aeronautics Space Administration (NASA), the US Department of Defence (DoD – США) и Европейских космических предприятий (DLR – Германия, CNES – Франция и ESA Европейское космическое агентство).

[ISO 16290:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9abd48b9-a44b-425b-b57d-49f33f6702ee/iso-16290-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9abd48b9-a44b-425b-b57d-49f33f6702ee/iso-16290-2013>

Космические системы. Определение уровней и критериев оценки технологической готовности космических систем и их элементов (TRL)

1 Область применения

Данный стандарт устанавливает уровни технологической готовности (TRL_s). Область распространения стандарта относится в основном к аппаратной части космических систем, хотя в ряде случаев некоторые определения уровней можно использовать и в более широкой области применения.

Определение уровней технологической готовности позволяет получить те условия, которым должен отвечать каждый из уровней, допускающий их точную оценку.

2 Термины и определения

В рамках данного документа применимы следующие термины и определения.

2.1

макет breadboard

физическая модель (2.10) необходимая для демонстрации функциональных возможностей и специальных (натурных) испытаний космической системы и ее элементов

2.2

критическая функция элемента critical function of an element

основная функция элемента космической системы, требующая специальных мероприятий по технологической (2.19) проверке и испытаниям

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Например, когда либо элемент, либо его компонент применяются впервые и поэтому их возможности нельзя оценить, исходя из ранее полученных результатов, или при использовании элемента в новой области применения, например, при новых условиях окружающей среды или по новому назначению, в котором он ранее не проверялся.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Независимо от назначения в данном международном стандарте, “критическая функция” всегда связана с “технологической критической функцией”, но не “критическая функция безопасности”.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 к статье: Независимо от назначения в данном международном стандарте, “критическая функция” всегда связана с “критической функцией элемента”.

2.3

критическая часть элемента critical part of an element

часть элемента (2.4), которая связана с критической функцией

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Критическая часть элемента может представлять собой подмножество элементов, при этом технологическая проверка этой функции может осуществляться при специализированных испытаниях только критической части элемента.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Независимо от назначения в данном международном стандарте, “критическая часть” всегда связана с “технологической критической частью”.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 к статье: Независимо от назначения в данном международном стандарте, “критическая часть” всегда связана с “критической частью элемента”.

**2.4
элемент
element**

составная часть космической системы, рассматриваемая с точки зрения оценки ее технологической готовности

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Элементом может быть компонент, часть оборудования, подсистема или система в целом.

**2.5
функция (назначение) элемента
element function**

действия, выполняемые *элементом* (2.4)

**2.6
требования к характеристикам функционирования
functional performance requirements**

составная часть требований к рабочим (эксплуатационным) характеристикам (2.14) элемента (2.4), определяемая назначением элемента (2.5)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Требования к характеристикам функционирования элемента не обязательно включают в себя требования условий эксплуатации (2.11).

**2.7
лабораторные условия
laboratory environment**

условия, моделируемые на Земле, с целью демонстрации основных принципов и характеристик функционирования космической системы и ее элементов

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: лабораторные условия не обязательно учитывают требования условий эксплуатации (2.11).

**2.8
отработанная технология
mature technology**

технология, описанная рядом воспроизводимых процессов (2.17) конструирования, изготовления, испытаний и эксплуатации элемента (2.4) в соответствии с рядом требований, предъявляемых к их рабочим характеристикам (2.14) при реальных условиях эксплуатации (2.11).

**2.9
целевые операции
mission operations**

последовательность событий, которые задаются для выполнения конкретного задания

**2.10
модель
model**

физическое или абстрактное представление соответствующих аспектов элемента (2.4), как основы для расчетов, прогнозных оценок, испытаний или последующей оценки

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Термин "модель" также может быть использован для идентификации конкретных образцов космической системы или ее элемента, например летный образец (модель).

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Термин взят из ISO 10795, определение 1.141.

2.11**условия эксплуатации
operational environment**

набор естественных и искусственно созданных условий, которые ограничивают применение элемента (2.4), начиная от технических требований к нему и заканчивая его использованием

ПРИМЕР 1 Естественные условия эксплуатации – погода, климат, физические особенности местности, растительность, пыль, свет, радиация и т.п.

ПРИМЕР 2 Искусственные условия эксплуатации – электромагнитные помехи, нагрев, вибрации, загрязняющие выбросы и т.п.

2.12**требования к эксплуатационным характеристикам
operational performance requirements**

часть требований к характеристикам (2.14) космической системы или ее элемента (2.4), определяющих функции элементов системы (2.5) в заданных условиях эксплуатации (2.11)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Требования к эксплуатационным характеристикам задаются в техническом задании, охватывающем все этапы создания космической системы. Выполнение этих требований может быть подтверждено при наземных комплексных испытаниях системы, а также в процессе летных испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Полный набор требований к элементу состоит из требований к эксплуатационным характеристикам и требований к техническим характеристикам.

2.13**технические характеристики
performance**

показатели элемента (2.4), наблюдаемые или измеряемые в процессе его эксплуатации или функционирования

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Показатели элемента, как правило, количественные.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Термин взят из ISO 10795, определение 1.155.

2.14**требования к характеристикам
performance requirements**

набор параметров, характеризующих данный элемент (2.4)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: В требованиях к характеристикам элемента обязательно должны оговариваться условия, в которых будет эксплуатироваться данный элемент. По этой причине характеристики элемента должны быть тесно связаны с поставленной задачей (задачами), а также с условиями эксплуатации космической системы, составной частью которой является данный элемент.

2.15**процесс
process**

совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы в выходы

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Входы одного процесса обычно являются выходами других процессов.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Процессы в организации, как правило, планируются и осуществляются в контролируемых условиях с целью улучшения (критерия эффективности функционирования системы).

ПРИМЕЧАНИЕ 3 к статье: Процесс, в котором соответствие выходов заданным требованиям не может быть легко проверено часто называют "специальным процессом".

[ИСТОЧНИК: ISO 10795, определение 1.160]

2.16

релевантные условия эксплуатации **relevant environment**

минимальный набор *условий эксплуатации (2.11)*, который необходим для проверки наиболее важных (*критических*) функций в условиях эксплуатации (*2.11*) элемента (*2.2*)

2.17

повторяющийся процесс **reproducible process**

процесс (*2.15*), который может неоднократно повторяться.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Это понятие является основополагающим для определения “проверенная технология” и внутренне связанным с возможностью реализации этого процесса и его контроля.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Элемент, являющийся уникальным (опытный образец элемента), даже если он отвечает всем предъявляемым требованиям, не может считаться основанным на *отработанной технологии*, если существует недостаточно высокая вероятность воспроизводства этого элемента в приемлемые сроки. И наоборот, отработанность, безусловно, вводит в определение термина “отработанная технология” понятие сроков. Технология, заявленная на сегодняшний день как «отработанная», в дальнейшем может ухудшаться до более низкого уровня готовности из-за устаревания компонентной базы или из-за прекращения существования специализированных организаций с уникальным практическим опытом, владевших данной технологией.

2.18

требование **requirement**

заданные потребность или ожидание, которые должны быть реализованы

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Термин взят из ISO 10795, определение 1.190.

2.19

технология **technology**

применение научных знаний, теоретических и практических методов, технических средств, профессионального мастерства для решения поставленной проблемы

2.20

валидация **validation**

подтверждение, через объективные доказательства, что требования (*2.18*) для конкретного предполагаемого использования или применения, выполнены

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Термин “валидация” используется для обозначения соответствующего статуса.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Условия использования для проверки могут быть реальные или смоделированные.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 к статье: валидация может определяться сочетанием испытания, анализа, демонстрации и инспекции.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 к статье: Валидация элемента подтверждает, что он способен выполнить свое предназначение с учетом условий эксплуатации (*2.11*).

ПРИМЕЧАНИЕ 5 к статье: Термин адаптирован с термином из ISO 10795, определение 1.228.

2.21

верификация **verification**

подтверждение посредством предоставления объективных доказательств, что установленные требования (*2.18*) были выполнены

ПРИМЕЧАНИЕ 1 к статье: Термин "верификация" используется для определения соответствующего статуса.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 к статье: Верификация может состоять из таких мероприятий, как: осуществление альтернативных расчетов, сравнивая новую спецификацию проекта с аналогичной спецификацией, проведения испытаний и демонстрации, и рассмотрения документов до их выпуска.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 к статье: Верификация может быть определена путем сочетания испытания, анализа, демонстрации и инспекции.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 к статье: Верификация элемента подтверждает, что он соответствует проектной спецификации.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 к статье: Термин адаптирован с термином из ISO 10795, определения 1.229.

3 Уровни технологической готовности (TRLs)

3.1 Основные положения

Технология для применяемого элемента достигает уровня отработанности, соответствующего уровню TRL 9 тогда, когда она становится четко заданной с помощью ряда воспроизводимых процессов конструирования, изготовления и испытания элемента, а также, когда элемент будет отвечать ряду требований к его техническим характеристикам в условиях эксплуатации.

Предполагается, что рассматриваемый элемент является физической частью системы, которая в общем случае может быть разбита на подсистемы (возможно, с несколькими подуровнями готовности). Элемент может быть любой частью этой системы, а не обязательно только ее специфической подсистемой или работающей при специфическом подуровне готовности.

Предварительным условием TRL-оценки является идентификация элемента, который является субъектом оценки. Более высокие TRL-уровни требуют задания требований к рабочим характеристикам элемента и поэтому требуют установления цели (задачи) для системы, в которой предполагается использовать данный элемент при заданных условиях эксплуатации.

К заданному элементу применима полная шкала TRL-уровней, поэтому у него не существует градаций по сложности при перемещении от низкого к более высокому TRL-уровню.

На более высоких TRL-уровнях предполагается, что элемент отработан и встроен в систему, в которой он будет проверяться и использоваться, поэтому TRL-уровень данного элемента может быть понижен, если он будет применяться в другой системе, если нельзя будет доказать, что все требования к условиям эксплуатации и сопряжению в новой системе эквивалентны или ниже требований в исходной системе.

Оценка TRL-уровня действительна для данного элемента в данный момент времени, но может изменяться в том случае, когда действовавшие на момент оценки условия перестали существовать. Подобная ситуация может приводить к повторной оценке TRL-уровня и его снижению, и возникать, в частности, в случае планируемой модернизации/изменения назначения этого элемента. Примеры тому – моральное устаревание элементов электронной техники, требующее их модификации, или производство элементов, требующее уже утраченных специальных знаний.

Время или усилия, необходимые для перехода с одного TRL-уровня на другой, зависят от рассматриваемой технологии и нелинейно связан с TRL-шкалой. Опыт показывает, что уровни могут сильно изменяться в зависимости от рассматриваемого элемента и поставленной задачи, поэтому, хотя TRL-шкала и является в данный момент адекватным средством оценки состояния технологической отработанности, она не может отражать усилия и затраты, необходимые для достижения следующего уровня.

Если уровень TRL 9 относится к полностью отработанной технологии, то более низкие TRL-уровни будут отражать тот факт, что не выполняется одно или несколько условий, необходимых для достижения самого высокого уровня, т.е.: