
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ГОСТ Р
*(проект,
первая
редакция)*

Авиационная техника
**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОДТВЕРЖДЕНИИ
СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ**
Общие положения

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
20__

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Союзом авиапроизводителей России.

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации
ТК 323 «Авиационная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства
техническому регулированию и метрологии от №

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», _____

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения	
2 Нормативные ссылки	
3 Термины и определения	
4 Обозначения и сокращения	
5 Общие положения	
6 Требования к применению моделирования при подтверждении соответствия	
7 Процесс рассмотрения и принятия документов по моделированию	
Приложение А (рекомендуемое) Минимальные требования к составу плана применения моделирования ...	
Приложение Б (рекомендуемое) Минимальные требования к составу плана валидации модели для целей сертификации.....	
Приложение В (рекомендуемое) Форма и минимальный состав отчета валидации модели.....	
Приложение Г (рекомендуемое) Форма и минимальный состав программы сертификационных расчетов (цифровых испытаний)	
Приложение Д (рекомендуемое) Минимальные требования к составу отчета по сертификационным расчетам.....	

ГОСТ Р

(проект, первая редакция)

Приложение Е (рекомендуемое) Правила построения матрицы
прослеживаемости "требование - расчет -
результат"

Приложение Ж (рекомендуемое) Область применения модели,
границы применимости, повторная валидация и
повторное выполнение сертификационных
расчетов.....

Библиография.....

Введение

Моделирование применяется при разработке и сертификации авиационной техники для подтверждения соответствия требованиям летной годности в рамках процедур сертификации, установленных ФАП-21 [1], в том числе в составе комбинированных методов вместе с испытаниями.

Моделирование может применяться:

- в составе комбинированных методов подтверждения соответствия;
- для обоснования достаточности объема натурных испытаний;
- в качестве самостоятельного метода подтверждения соответствия в пределах подтвержденной области применения модели и при установленном уровне доверия к результатам моделирования.

Результаты моделирования могут использоваться в процедурах сертификации исключительно в отношении требований, включенных в утвержденный сертификационный базис. Решение о зачете результатов моделирования принимается органом по сертификации в рамках утвержденной программы сертификационных работ.

Применение моделирования не отменяет требований ФАП-21 [1] к проведению сертификационных работ и не заменяет обязательные процедуры сертификации компонентов, если иное не предусмотрено нормативными документами и не принято органом по сертификации.

Настоящий стандарт не заменяет требования стандартов серии ГОСТ Р 57700 к сертификации программного обеспечения и валидации моделей.

Настоящий стандарт устанавливает требования к процессу применения математического и компьютерного моделирования при подтверждении соответствия требованиям норм летной годности и к

ГОСТ Р

(проект, первая редакция)

составу документации, опираясь на действующие национальные стандарты серии ГОСТ Р 57700, устанавливающие термины, общие требования к программному обеспечению компьютерного моделирования, а также требования к валидации компьютерных моделей и сертификации программного обеспечения.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Авиационная техника

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОДТВЕРЖДЕНИИ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ

Общие положения

Aviation equipment. Application of Simulation in Airworthiness Compliance Determination.
General Provisions

Дата введения — 20__—__—__

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие положения применения моделирования при подтверждении соответствия авиационной техники нормам летной годности, включая случаи использования результатов моделирования в качестве метода подтверждения соответствия и/или в составе комбинированных методов испытаний.

Настоящий стандарт применяют организации, выполняющие работы по разработке, сертификации типа, внесению изменений в типовую конструкцию и поддержанию летной годности авиационной техники, в части применения моделирования и оформления доказательных материалов.

Настоящий стандарт не устанавливает требований к конкретным физическим моделям, численным методам и алгоритмам. Требования к программному обеспечению, верификации и валидации установлены в нормативных документах.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 57412 Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения

ГОСТ Р

(проект, первая редакция)

ГОСТ Р 57700.1 Численное моделирование для разработки и сдачи в эксплуатацию высокотехнологичных промышленных изделий. Сертификация программного обеспечения. Требования

ГОСТ Р 57700.2 Численное моделирование для разработки и сдачи в эксплуатацию высокотехнологичных промышленных изделий. Сертификация программного обеспечения. Общие положения

ГОСТ Р 57700.23 Компьютерные модели и моделирование. Валидация. Общие положения

ГОСТ Р 57700.24 Компьютерные модели и моделирование. Валидационный базис

ГОСТ Р 57700.39 Компьютерные модели и моделирование. Программное обеспечение компьютерного моделирования физических процессов. Общие требования

ГОСТ Р 57700.44 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 57412, а также термины с соответствующими определениями:

3.1

программное обеспечение компьютерного моделирования;
ПО КМ: Программы, выполняющие математические расчеты, и программы, предназначенные для подготовки исходных данных, обработки результатов расчета, а также другие вспомогательные программы. Программное обеспечение компьютерного моделирования не является программным обеспечением средств измерений согласно ГОСТ Р 8.654.

[ГОСТ Р 57700.2-2017, статья 3.1.1]

3.2

разработка (подготовка) компьютерной модели: Процесс определения и задания параметров компьютерной модели, характеризующих свойства объекта моделирования.

Примечание - Разработка компьютерной модели может включать создание или импорт геометрической модели объекта моделирования и генерацию сеточной модели (при использовании сеточных методов).

[ГОСТ Р 57700.39-2024, статья 3.20]

3.3

расчет компьютерной модели: Применение разработанной компьютерной модели и соответствующего программного обеспечения компьютерного моделирования, выполняющего численное решение уравнений математической модели и завершающееся получением результатов компьютерного моделирования.

[ГОСТ Р 57700.39-2024, статья 21]

3.4

верификация ПО КМ: Процесс определения соответствия ПО КМ (компьютерной модели, программы) математической модели. Верификация обеспечивает обоснование того, что ПО КМ при определенных параметрах рассчитывает математическую модель правильно и с соответствующей точностью.

[ГОСТ Р 57700.2-2017, пункт 3.1.3]

3.5

валидация ПО КМ: Процесс определения соответствия ПО КМ (компьютерной модели, программы) реальному миру. Валидация обеспечивает обоснование того, что ПО КМ в заявленной области применения позволяет правильно и с определенной точностью моделировать реальные процессы.

[ГОСТ Р 57700.2-2017, пункт 3.1.3]

3.6

валидационный базис: Упорядоченная система данных, содержащая результаты натуральных экспериментов и результаты компьютерного моделирования, которые позволяют доказать с заданной точностью соответствие компьютерной модели или программного обеспечения компьютерного моделирования объекту моделирования.

[ГОСТ Р 57700.24-2020, пункт 3.1.4]

3.7

эталонное решение: Общеизвестное решение некоторой задачи.

Примечание - Эталонное решение, достоверность которого подтверждена, может быть как аналитическим или численным, так и представлять собой экспериментальный результат. Используется при верификации и (или) валидации программного обеспечения компьютерного моделирования и при оценке адекватности компьютерных моделей.

[ГОСТ Р 57700.44-2024, статья 14]

3.8

тестовая задача: Вычислительная задача, имеющая определенное решение, для проверки компьютерной модели или программного обеспечения компьютерного моделирования при верификации и (или) валидации.

[ГОСТ Р 57700.44-2024, статья 15]

3.9

сходимость решения: Стремление значений решения дискретной модели к соответствующим значениям решения континуальной модели при стремлении к нулю параметров дискретизации.

Примечание - Примером параметра дискретизации может являться шаг интегрирования по переменной фазового пространства.

[ГОСТ Р 57700.44-2024, статья 39]

3.10

устойчивость численного метода: Равномерная относительно шага интегрирования и входных данных ограниченность частично разрешающих операторов, описывающих последовательные этапы вычислительного алгоритма решения уравнения.

Примечание - Устойчивость численного метода является гарантией слабого влияния вычислительной погрешности на результат вычислений.

[ГОСТ Р 57700.44-2024, статья 40]

3.11

сеточная независимость решения: Характеристика чувствительности решения задачи компьютерного моделирования, получаемого сеточным (разностным) методом, к изменению размерности сетки (изменению значений интервалов, на которые разбита при решении рассматриваемая область).

Примечание - Диапазон допустимого изменения решения при изменении сетки зависит от предъявляемых требований.

[ГОСТ Р 57700.44-2024, статья 41]

3.12

математическое моделирование: Исследование каких-либо явлений, процессов или систем путем построения, применения и изучения их математических моделей.

[ГОСТ Р 57412-2025, статья 38]

3.13 метод подтверждения соответствия с применением моделирования: Метод подтверждения соответствия требованиям летной годности, при котором результаты математического и (или) компьютерного моделирования используются в качестве доказательства выполнения требований летной годности в заявленной области применения модели.

3.14 зачет результатов моделирования: Признание возможности использования результатов моделирования в качестве доказательства соответствия конкретному требованию летной годности при выполнении требований настоящего стандарта и при подтверждении применимости модели в заявленной области применения.

3.15 план применения моделирования: Документ, определяющий перечень требований летной годности и параметров, подтверждаемых моделированием, состав моделей и вычислительной среды, ограничения применимости, требования к данным, требования к

управлению конфигурацией и порядок подготовки, выполнения и оформления сертификационных расчетов.

3.16 план валидации модели для целей сертификации: Документ, устанавливающий методики сравнения, критерии приемлемости и допуски, порядок оценки неопределенности, а также состав отчетных материалов, предназначенный для подтверждения применимости модели в заявленной области применения и содержащий сведения, позволяющие однозначно установить применяемый валидационный базис.

3.17 программа сертификационных расчетов (цифровых испытаний): Документ, определяющий перечень расчетных случаев, постановки расчетов, критерии приемлемости, требования к качеству численного решения и правила оформления результатов, предназначенный для выполнения сертификационных расчетов.

3.18 сертификационный расчет: Расчет компьютерной модели, выполняемый по утвержденной программе сертификационных расчетов и предназначенный для формирования доказательства выполнения требований летной годности.

3.19 отчет по расчетам: Документ, содержащий результаты расчетов, анализ соответствия критериям приемлемости, сведения о конфигурации модели и программного обеспечения, прослеживаемость к требованиям летной годности и ограничения применимости результатов.

3.20 область применения модели: Совокупность ограничений по объекту моделирования, диапазонам параметров, режимам, конфигурациям, допущениям и показателям точности, в пределах которых результаты моделирования признаны применимыми.

3.21 уровень доверия к результатам моделирования: совокупная характеристика, определяемая глубиной валидации,

ГОСТ Р

(проект, первая редакция)

полнотой покрытия области применения, оценкой неопределенности, воспроизводимостью расчетов и значимостью результатов для обеспечения безопасности полетов.

3.22 цифровой двойник авиационной техники: комплекс взаимосвязанных компьютерных моделей, данных и алгоритмов, воспроизводящих поведение конкретного экземпляра авиационной техники или его конфигурации в пределах установленной области применения модели.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения и сокращения:

ВБ - валидационный базис;

ЖЦ - жизненный цикл;

КМ – компьютерная модель;

ОМ - объект моделирования;

ПО КМ - программное обеспечение компьютерного моделирования.

5 Общие положения

5.1 Допускается применять моделирование при подтверждении соответствия требованиям летной годности, включенным в утвержденный сертификационный базис, при наличии документально установленной области применения модели и подтвержденного уровня доверия к результатам моделирования.

5.2 При использовании программного обеспечения компьютерного моделирования (ПО КМ) заявителем должны быть предоставлены в уполномоченную организацию сведения о версии ПО, результаты верификации и валидации, а в случаях, предусмотренных программой сертификационных работ по ФАП-21 [1], сведения о сертификации ПО

КМ по ГОСТ Р 57700.1 и ГОСТ Р 57700.2, либо обоснование неприменимости требований, установленных данными стандартами.

При применении процедуры сертификации ПО КМ заявителем должны быть предоставлены в уполномоченную организацию материалы, подтверждающие соответствие требованиям КТ-178С [2] к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники.

5.3 При изменении конструкции авиационной техники, параметров модели, вычислительной среды или исходных данных модели заявитель должен выполнить анализ влияния изменений на область применения модели и уровень доверия к результатам моделирования.

По результатам такого анализа заявитель должен определить необходимость выполнения повторной валидации модели и/или повторного выполнения расчетов в соответствии с приложением Ж и согласно ФАП-21 [1], методическим рекомендациям [3] и ГОСТ Р 57700.23.

5.4 В документах, обеспечивающих воспроизводимость расчетов и входящих в комплект документов, указанный в 6.1.1, должны быть приведены сведения:

- по идентификации конфигурации;
- о сохранении артефактов расчетов;
- о ведении журнала изменений.

5.5 Заявителем должна быть выполнена оценка неопределенности результатов моделирования, включая неопределенность исходных данных, параметров модели и численного метода в соответствии с 5.6. Для задач, результаты которых по оценке заявителя оказывают существенное влияние на выполнение требований летной годности, заявитель должен установить и обосновать повышенные требования к

ГОСТ Р

(проект, первая редакция)

глубине валидации, проверкам качества численного решения, оценке неопределенности и воспроизводимости результатов моделирования.

5.6 Методика оценки неопределенности должна быть приведена в плане валидации, оформляемом по 6.1.1. План валидации, включая методику неопределенности, должен быть согласован с сертифицирующим органом до выполнения валидации.

5.7 Результаты, полученные по методике оценки неопределенности должны быть внесены в отчет о валидации, оформленный по 6.1.1 (этап 2 процесса применения моделирования согласно 7.1.2) и, при применимости, актуализированы по результатам сертификационных расчетов и внесены в отчет по сертификационным расчетам (этап 4 процесса применения моделирования согласно 7.1.4).

5.8 Объем натуральных испытаний может быть оптимизирован при условии, что достаточность доказательной базы подтверждена с применением моделирования и принято сертифицирующим органом в рамках программы сертификационных работ.

6 Требования к применению моделирования при подтверждении соответствия

6.1 Общие требования к комплекту документов

6.1.1 При подтверждении соответствия требованиям летной годности для зачета полученных результатов с применением моделирования заявитель должен предоставить в уполномоченную организацию комплект документов, включающий:

- план применения моделирования, форма и минимальный состав плана согласно приложению А,
- план валидации содержащий минимальный состав информации согласно приложению Б;

- отчет о валидации модели содержащий минимальный состав информации согласно приложению В;
- программу расчетов, форма и минимальный состав программы сертификационных расчетов согласно приложению Г;
- отчет по сертификационным расчетам, включающий результаты оценки неопределенности результатов сертификационных расчетов (при применимости), форма и минимальный состав отчета согласно приложению Д;
- матрицу прослеживаемости «требование-расчет-результат-вывод», правила построения матрицы согласно приложению Е;
- документы по управлению конфигурацией.

6.1.2 Комплект документов при подтверждении соответствия требованиям летной годности для зачета полученных результатов с применением моделирования должен обеспечивать прослеживаемость от требований летной годности к расчетным случаям, результатам и выводам о соответствии.

6.1.3 Заявитель дополнительно должен указать в составе плана применения моделирования, указанном в 6.1.1, предполагаемый уровень доверия к результатам моделирования и его обоснование.

6.2 Требования к исходным и эталонным данным

6.2.1 Для эталонных данных, используемых при валидации, заявитель должен указать:

- источник получения;
- условия получения;
- диапазон применимости;
- точность;
- разрешение;
- частота дискретизации;

ГОСТ Р

(проект, первая редакция)

- сведения о калибровке (при наличии);
- правила обработки.

6.2.2 Для исходных данных сертификационных расчетов заявитель должен указать:

- источник их получения;
- версия;
- правила актуализации;
- ограничения применимости.

6.3 Требования к управлению конфигурацией

6.3.1 При применении моделирования в целях подтверждения соответствия требованиям летной годности заявитель должен определить:

- базовую конфигурацию модели;
- ПО КМ;
- вычислительную среду;
- исходные данные;
- настройки решателя и параметры дискретизации.

6.3.2 Для каждого сертификационного расчета заявитель должен сформировать запись конфигурации с идентификаторами модели, ПО КМ, вычислительной среды, входных данных, настроек решателя и параметров дискретизации.

6.3.3 Заявитель должен фиксировать изменения конфигурации в журнале (реестре) и выполнять управление конфигурацией, включающее, установление базовой линии конфигурации, контроль и утверждение изменений, анализ их влияния на результаты расчетов и выводы об их соответствии требованиям сертификационного базиса.

6.3.4 Заявитель должен обеспечить возможность однозначного воспроизведения сертификационного расчета на основании записи

конфигурации и сохраненных артефактов расчета, содержащих идентификаторы версии модели, версии ПО КМ, вычислительной среды, входных данных, настроек решателя и параметров дискретизации.

6.4 Требования к качеству численного решения

6.4.1 В программе сертификационных расчетов заявителем должны быть определены методы проверки качества численного решения. При моделировании физических процессов такие методы должны включать проверку сходимости численного решения, устойчивости и сеточной независимости в случаях, когда проведение таких проверок предусмотрено ГОСТ Р 57700.14. Для иных видов моделирования методы проверки качества численного решения устанавливаются в соответствии с документами по стандартизации, распространяющимися на соответствующий вид моделирования.

6.4.2 Заявителем должны быть приведены в программе сертификационных расчетов:

- показатели качества численного решения;
- пороги (допуски);
- обоснование критериев приемлемости.

6.4.3 Заявителем должны быть определены и обоснованы критерии приемлемости проверок качества численного решения.

6.5 Требования при использовании цифрового двойника авиационной техники

6.5.1 При использовании цифрового двойника авиационной техники (далее – цифровой двойник) заявителем должна быть установлена его версия и область применения.

6.5.2 Заявителем должна быть обеспечена прослеживаемость связи цифрового двойника с физическим объектом.

6.5.3 При внесении изменений в цифровой двойник он подлежит пересмотру и повторной оценке применимости.

7 Процесс рассмотрения и принятия документов по моделированию

7.1 Процесс применения моделирования включает четыре последовательных этапа согласно 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, 7.1.4 по рассмотрению документов и результатов моделирования. При завершении каждого этапа сертифицирующий орган принимает решение, оформленное актом. Акт фиксирует решение о необходимости повторного рассмотрения документов/результатов моделирования или о согласовании документов и переходе на следующий этап (в конце этапов 1-3). Сертифицирующий орган принимает решение о сроках проведения следующего этапа и сроках устранения несоответствий (при их наличии). Допускается объединение различных этапов по решению сертифицирующего органа. При наличии несоответствий заявитель оформляет план мероприятий по устранению несоответствий с указанием мероприятий по их устранению, ответственных и сроков устранения. После устранения несоответствий заявитель оформляет отчет по устранению несоответствий, который направляется в сертифицирующий орган, на основании которого сертифицирующий орган принимает решение.

7.1.1 Этап 1 - разработка и согласование плана применения моделирования, оформляемого в соответствии с 6.1.1 и ориентированного на покрытие пунктов сертификационного базиса, включенных в программу сертификационных работ. При положительном рассмотрении документов этапа 1 сертифицирующий орган согласует план применения моделирования.

7.1.2 Этап 2 - выполнение валидации модели и представление в сертифицирующий орган плана и отчета валидации, оформленных в соответствии с 6.1.1. При положительном рассмотрении документов этапа 2 сертифицирующий орган согласует план и отчет валидации, включая результаты оценки неопределенности (при применимости).

7.1.3 Этап 3 – разработка и согласование программы сертификационных расчетов с сертифицирующим органом. При положительном рассмотрении документов этапа 3 сертифицирующий орган согласует программу сертификационных расчетов.

7.1.4 Этап 4 - выполнение сертификационных расчетов и предоставление отчета по сертификационным расчетам в соответствии с ~~п.~~6.1.1. При положительном рассмотрении документов этапа 4 сертифицирующий орган согласует отчет по сертификационным расчетам.

7.2 Сертифицирующий орган вправе потребовать от заявителя повторную валидацию (см. 7.1.2) и/или повторное выполнение расчетов (см. 7.1.4), если по результатам анализа, предусмотренного 5.3, установлено влияние внесенных изменений на область применения модели или уровень доверия.

Приложение А

(рекомендуемое)

Минимальные требования к составу плана применения моделирования

А.1 Назначение

Настоящее приложение А устанавливает минимальный состав плана применения моделирования при подтверждении соответствия требованиям летной годности (далее – план применения моделирования).

А.2 Общие требования

А.2.1 План применения моделирования должен быть оформлен как самостоятельный документ с уникальным идентификатором и датой утверждения.

А.2.2 План применения моделирования должен содержать сведения, достаточные для рассмотрения сертифицирующим органом и/или уполномоченной организацией, включая оценку применимости модели, управляемость конфигурации, воспроизводимость расчетов и прослеживаемость к требованиям летной годности.

А.3 Требования к структуре и составу плана применения моделирования

А.3.1 Данные, которые необходимо указать на титульном листе:

- наименование документа;
- уникальный идентификатор документа (обозначение);
- наименование организации-заявителя;
- наименование организации разработчика(и) и ФИО ответственного лица;
- дата утверждения, номер версии;
- информацию о согласующих (при наличии).

А.3.2 Исходные сведения для применения моделирования:

- Перечень применимых требований летной годности и иных обязательных требований (с идентификаторами и редакциями).

- Описание объекта сертификации (тип, модификация, система, функция).

- Контекст применения моделирования (сертификация типа, изменение типовой конструкции, подтверждение соответствия при поддержании летной годности).

А.3.3 В плане применения моделирования должны быть указаны сведения

А.3.3.1 - А.3.3.8:

А.3.3.1 Идентификатор требования;

- подтверждаемый показатель (параметр, критерий, ограничение);
- предлагаемый метод подтверждения соответствия (моделирование, комбинированно с испытаниями);
- тип результата (расчетное значение, диапазон, запас, вероятностная оценка);
- планируемый уровень детализации модели (какие подсистемы моделируются явно, какие задаются упрощенно);
- риски некорректного зачета и меры снижения риска (например, дополнительные испытания, ограничения области применения).

А.3.3.2 Описание модели и вычислительной среды:

- тип модели (математическая, компьютерная, комбинированная);
- физические процессы и допущения;
- состав модели (подмодели, блоки, библиотеки);
- реализованные численные методы (класс методов, без избыточной детализации алгоритмов);
- вычислительная среда (аппаратная платформа, операционная система, среда исполнения);
- программное обеспечение компьютерного моделирования (наименование, версия, поставщик, конфигурация модулей);
- внешние инструменты (препроцессор, постпроцессор, преобразователи данных, скрипты);

А.3.3.3 Область применения модели и ограничения:

- заявленная область применения;
- диапазоны режимов, условий и параметров, для которых предполагается зачет результатов;
- ограничения применимости (например, по числам Рейнольдса, углам атаки, режимам разрушения, нелинейностям);
- ограничения по точности (какие показатели требуют строгой точности, какие допускают приближение);
- условия, при которых применение модели запрещено или требует дополнительных доказательств.

А.3.3.4 Требования к исходным данным и эталонным данным:

ГОСТ Р

(проект, первая редакция)

- перечень исходных данных, необходимых для расчетов (геометрия, массово-инерционные характеристики, свойства материалов, параметры САУ, внешние условия);

- набор данных, для каждого из которых должны быть указаны:

- источник получения;

- диапазон применимости;

- правила актуализации и версия данных;

- метаданные точности и неопределенности, если применимо;

- перечень эталонных данных для валидации (испытания, стендовые данные, летные данные, признанные эталоны).

- правила обработки эталонных данных и оценка неопределенности.

А.3.3.5 Стратегия верификации и валидации, в которой должно быть указано:

- какие элементы относятся к верификации ПО и каким образом подтверждаются результаты их верификации (со ссылками на отчеты, протоколы и иные документы);

- какие элементы относятся к валидации модели и каким образом подтверждается применимость модели в заявленной области применения (валидационный базис (см. Б.2), сравнение, критерии);

- признаки необходимости повторной валидации (изменения модели, данных, ПО, среды).

- перечень планируемых документов валидации (план и отчет) и сроки предоставления в составе сертификационных материалов.

А.3.3.6 План сертификационных расчетов (цифровых испытаний):

- перечень расчетных случаев (с идентификаторами);

- входные параметры и сценарии;

- выходные параметры и формы представления результатов;

- критерии приемлемости и допуски сравнения;

- требования к методам проверки качества численного решения (например, при моделировании физических процессов такие методы должны включать проверку сходимости численного решения, устойчивости и сеточной независимости в случаях, когда проведение таких проверок предусмотрено ГОСТ Р 57700.14. Для иных видов моделирования методы проверки качества численного решения устанавливаются в соответствии с документами по стандартизации, распространяющимися на соответствующий вид моделирования).

А.3.3.7 При управлении конфигурацией и воспроизводимостью должны быть установлены:

- порядок идентификации конфигурации;
- состав конфигурации сертификационного расчета, включающий идентификатор:
 - модели;
 - набора исходных данных;
 - версии ПО и набора модулей;
 - вычислительной среды;
 - настроек решателя и параметров дискретизации;
 - порядок хранения артефактов расчета (входные файлы, выходные файлы, журналы, сценарии постобработки);
 - порядок контроля целостности (хэш-суммы, контрольные подписи, журнал изменений).

А.3.3.8 Прослеживаемость, в которую входят:

- правила её построения от требования летной годности к расчетному случаю, результату и выводу;
- перечень идентификаторов, используемых для прослеживаемости.

А.3.4 Требования к идентификации и обозначению документов (рекомендуемые).

Организация заявителя должна установить правила обозначения и идентификации документов, расчетных случаев, конфигураций, наборов данных и отчетов так, чтобы обеспечивалась однозначность, прослеживаемость и воспроизводимость расчетов.

Приложение Б (рекомендуемое)

Минимальные требования к составу плана валидации модели для целей сертификации

Б.1 Назначение

Настоящее приложение Б устанавливает рекомендуемую форму плана валидации модели для целей сертификации (далее – план валидации модели).

Б.2 Общие требования

Б.2.1 План валидации модели должен:

- содержать сведения, позволяющие однозначно установить применяемый валидационный базис, который должен быть разработан в соответствии с ГОСТ Р 57700.24 (например, обозначение/идентификатор, версия/дата, состав).

- определять процедуры сравнения и критерии приемлемости, достаточные для заявленной области применения модели;

- содержать сведения о параметрах, подлежащих подтверждению, режимах и условиях их проверки, а также о параметрах и режимах, исключённых из области применения настоящей валидации.

Б.3 Структура плана валидации модели

Б.3.1 Данные, которые необходимо указать на титульном листе:

- идентификатор документа;
- номер версии;
- дату утверждения;
- информацию о связи плана валидации модели с планом применения моделирования.

Б.3.2 В плане валидации модели должны быть указаны:

- объект валидации;
- идентификатор и описание модели;
- перечень подсистем и эффектов;
- перечень допущений;
- заявленная область применения модели;
режимы, условия и диапазоны параметров;
- ограничения применимости;

- валидационный базис (см. Б.2.1);
- перечень эталонных данных и метаданные качества (точность, разрешение, частота дискретизации, калибровка, условия обработки);
- оценку неопределенности и повторяемости;
- валидационные случаи и сценарии;
- связь с эталонными данными;
- правила подготовки входных данных;
- метрики сравнения и критерии приемлемости;
- допуски;
- Обоснование допусков;
- правила принятия решения;
- анализ чувствительности математической модели и проверка устойчивости численного метода;
- перечень ключевых входных параметров;
- управление конфигурацией валидации;
- идентификация конфигурации;
- порядок фиксации изменений;
- состав отчетных материалов;
- отчет валидации оформленный по приложению В;
- матрицу валидации построенной по приложению Е;
- реестр отклонений.

Приложение В
(рекомендуемое)
Минимальные требования к составу и содержанию отчета
валидации модели

В.1 Состав и содержание отчета валидации формируют в соответствии с планом валидации модели (приложение Б) и требованиями ГОСТ Р 57700.23-2020 (раздел 6) с учетом В.2–В.10.

В.2 На титульном листе отчета валидации модели указывают:

- идентификатор;
- номер версии;
- дата утверждения;
- связь отчета валидации модели с планом валидации модели (приложение Б)

и планом применения моделирования (приложение А).

В.3 Краткое описание модели и конфигурации (модель, ПО КМ по ГОСТ Р 57700.39-2024 (подпункт 3.16), ГОСТ Р 57700.2-2017 (подпункты 3.1.2-3.1.4), вычислительная среда, данные).

В.4 Заявленная область применения и проверенное покрытие (фактическое покрытие эталонными данными и зоны непокрытия).

В.5 Эталонные данные и их качество (неопределенность, повторяемость, обработка).

В.6 Валидационные расчеты (перечень случаев, условия, допущения, артефакты воспроизводимости).

В.7 Результаты сравнения и соответствие критериям (метрики, анализ отклонений).

В.8 Матрица валидации (покрытие области применения режимами и параметрами), построенную в соответствии с приложением Е.

В.9 Ограничения применимости (условия, при которых зачет недопустим).

В.10 Заключение по валидации (вывод о применимости модели и перечень требований, для которых допустимо использование результатов).

Приложение Г (рекомендуемое)

Минимальные требования к составу программы сертификационных расчетов (цифровых испытаний)

Г.1 На титульном листе программы сертификационных расчетов (цифровых испытаний) указывают:

- идентификатор;
- номер версии;
- дату утверждения;

- связь программы сертификационных расчетов (цифровых испытаний) с планом применения моделирования (приложение А) и отчетом валидации модели (приложение В).

Г.2 Программа сертификационных расчетов (цифровых испытаний) должна содержать:

- перечень требований и целей расчетов (идентификаторы требований и подтверждаемые параметры);

- конфигурацию (модель, ПО КМ по ГОСТ Р 57700.39-2024 (пункт 3.16), ГОСТ Р 57700.2-2017 (подпункты 3.1.2-3.1.4), среда, данные, настройки расчета, инструменты подготовки и постобработки).

- перечень расчетных случаев (для каждого - цель, режим, входные параметры, выходные параметры, критерии приемлемости);

- проверку качества численного решения (сходимость, устойчивость, сеточная независимость или эквивалентные проверки);

- требования к результатам и отчетности (форматы результатов, состав артефактов, правила хранения и контроля целостности);

- прослеживаемость (правила связи расчетных случаев с требованиями и выводами).

Приложение Д
(рекомендуемое)
Минимальные требования к составу отчета по
сертификационным расчетам

Д.1 На титульном листе отчета по сертификационным расчетам указывают:

- идентификатор;
- номер версии;
- дату утверждения;
- перечень применимых документов.

Д.2 Отчет по сертификационным расчетам должен содержать:

- перечень требований;
- перечень расчетных случаев;
- краткий вывод по требованиям;
- область применения результатов и ограничения применимости;
- матрицу прослеживаемости «требование - расчетный случай - результат – вывод» правила построения которой приведены в приложении Е;
- конфигурацию расчетов (модель, ПО КМ по ГОСТ Р 57700.39-2024 (подпункт 3.16) ГОСТ Р 57700.2-2017 (подпункты 3.1.2-3.1.4), среда, данные, настройки, инструменты);
- результаты по расчетным случаям и сопоставление с критериями приемлемости;
- результаты проверок качества численного решения;
- отклонения и корректирующие действия;
- заключение по соответствию пунктам сертификационного базиса и условия действительности вывода.

Приложение Е (рекомендуемое)

Правила построения матрицы прослеживаемости «требование - расчет – результат»

Е.1 Матрица прослеживаемости является обязательным элементом комплекта документов при зачете результатов моделирования.

Е.2 Матрица должна обеспечивать связь требования летной годности с расчетным случаем, конфигурацией расчета, результатом и выводом.

Е.3 Минимальный состав полей матрицы включает:

- идентификатор требования;
- подтверждаемый параметр;
- идентификатор расчетного случая;
- конфигурацию (модель, ПО, среда, данные, настройки);
- критерий приемлемости;
- метрику;
- ссылку на отчет по сертификационным расчетам;
- вывод и ограничения применимости.

Е.4 Заявитель должен вести журнал конфигурации сертификационных расчетов, обеспечивающий воспроизводимость, включая перечень входных и выходных файлов и контроль целостности.

Приложение Ж (рекомендуемое)

Область применения модели, границы применимости, повторная валидация и повторное выполнение сертификационных расчетов

Ж.1 При формировании области применения модели и определении необходимости повторной валидации заявитель должен руководствоваться ГОСТ Р 57700.23.

Ж.2 Область применения и границы применимости должны быть выражены в измеримых диапазонах параметров, режимах, конфигурациях и допущениях.

Ж.3 При изменении конструкции авиационной техники, параметров модели, вычислительной среды или исходных данных заявитель должен выполнять анализ влияния изменений на область применения модели и уровень доверия к результатам моделирования. При необходимости должна быть выполнена повторная валидация модели и повторное выполнение расчетов в соответствии с процедурами, установленными ФАП-21 [1] и методическими рекомендациями [3].

Библиография

- [1] Федеральные авиационные правила «Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21»: утв. приказом Минтранса России от 17 июня 2011 г. № 184 (ФАП-21).
- [2] Квалификационные требования. Часть 178С. Требования к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники. — М.: Межгосударственный авиационный комитет, Авиационный регистр, 2002.
- [3] Методические рекомендации «О порядке классификации и сертификации модификаций типовой конструкции изделий авиационной техники»: разработаны Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиацией). — МР-21.003.

ГОСТ Р

(проект, первая редакция)

УДК 629.7:004.94

ОКС 49.020

Ключевые слова: моделирование; компьютерное моделирование; требования летной годности; сертификация авиационной техники
