

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛИГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ (НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ SMART-СТАНДАРТОВ)

**Астахов С.А.**, канд. техн. наук, директор, Государственный казенный научно-испытательный полигон авиационных систем имени Л.К. Сафронова

**Швец Н.Н.**, д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой, Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации

*В условиях лавинообразного нарастания темпов научно-технического прогресса и высокой турбулентности внешней среды роль и значение стадии испытаний и сертификации в рамках жизненного цикла изделия авиационной техники существенно возрастают. В статье приведены примеры определяющей роли полигонных испытаний в общей системе испытаний изделий авиационной техники, обоснована необходимость при их проведении широкого внедрения цифровых технологий, в том числе и в документы по стандартизации. Рассмотрены сущность, содержательная классификация и состав информационной среды SMART-стандартов, а также их базовые функции. В заключении обоснована роль SMART-стандартов как эффективного инструмента повышения экономической эффективности полигонных испытаний авиационной техники.*

**Ключевые слова:** авиационная техника, жизненный цикл, полигонные испытания, умный (SMART)-стандарт, экономическая эффективность.

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития общества одним из ключевых индикаторов уровня научного, технического и технологического развития государства является его способность осуществлять разработку и производство авиационной техники (АТ).

Жизненный цикл (ЖЦ) изделия АТ, под которым понимается совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия АТ, от ее замысла до утилизации, или конкретного экземпляра изделия АТ, от момента завершения его производства до утилизации, включает ряд последовательно реализуемых стадий [1]:

**Стадия 0.** Исследования в обеспечение создания изделия АТ.

**Стадия 1.** Проектирование.

**Стадия 2.** Подготовка и освоение производства.

**Стадия 3.** Испытания и сертификация.

**Стадия 4.** Серийное производство.

**Стадия 5.** Эксплуатация.

**Стадия 6.** Модификация изделия АТ.

**Стадия 7.** Утилизация.

Жизненный цикл присущ для всех изделий АТ любого назначения и характера, различные изделия АТ отличаются друг от друга только содержанием работ на каждой стадии и их объемом, что предопределяет затраты временных, материальных, трудовых и, в интегральном виде, финансовых ресурсов. При этом работы на ряде стадий ЖЦ изделия АТ могут производиться параллельно и быть взаимозависимыми и взаимообусловленными, кроме того, этапы одного поколения изделия АТ могут переходить в этапы ЖЦ следующего поколения АТ и т.д.

Стадии ЖЦ изделия АТ по продолжительности могут быть весьма различными. Так, например, в общем случае на создание самолета или авиадвигателя (стадии 0–2 ЖЦ изделия АТ) уходит примерно 5–10 лет. Однако, как показывает практика, зачастую наиболее продолжительной является стадия эксплуатации. Например, серийное производство (стадия 4) широкофюзеляжного самолета Боинг-747 продолжается с 1970 года, а полный вывод из эксплуатации стратегического бомбардировщика ВВС США В-52 запланирован только на 2040-е годы, и это при том, что последний экземпляр его наиболее современной модификации – В-52Н – был произведен в 1962 году [2]. Имеются подобные примеры и в отечественной практике: самолеты Ан-2 и Ан-24 эксплуатируются соответственно уже более

75 лет (первый полет в 1947 году) и более 65 лет (первый полет в 1959 году) соответственно.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что продолжительность стадии эксплуатации и, соответственно, эффективность изделия АТ в целом во многом зависят от глубины и качества проработки конструкторских и технологических решений на стадиях 0–3 ЖЦ изделия АТ. Поэтому роль и значение стадий проектирования, подготовки и освоения производства и особенно стадий испытаний и сертификации в условиях лавинообразного нарастания темпов научно-технического прогресса и неопределенности внешней среды существенно возрастают.

### SMART-СТАНДАРТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛИГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Особое место в рамках жизненного цикла занимают испытания изделий АТ, под которыми в общем случае понимается экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний [3]. Иными словами, целью испытаний в общем случае является экспериментальное подтверждение соответствия характеристик изделия АТ требованиям заказчика.

В настоящее время в отечественной науке и практике насчитывается более 50 видов испытаний [3–8 и др.]. Однако при этом следует иметь в виду, что из всего объема времени, отводимого на проведение испытаний изделия АТ, большая часть приходится на оценку его пригодности к использованию по его прямому назначению. Достаточно сказать, что доля испытаний, связанных с оценкой собственно летно-технических характеристик летательных аппаратов (ЛА), не превышает 20% в общем объеме испытаний всего авиационного комплекса [9].

Например, применительно к ЛА пассажирского назначения много времени отводится на стендовые испытания авиационных двигателей, на медико-биологическую и эргономическую оценки средств жизнеобеспечения, систем кондиционирования воздуха, защиты и спасения экипажа и пассажиров в аварийных условиях, на стендовые и летные испытания бортового радиоэлектронного оборудования, радиолокационных станций, систем автоматического управления, навигационных систем и средств связи и пр. Применительно к ЛА военного назначения большая доля времени затрачивается на испытание прицельных систем, различных видов бортового вооружения (стрелково-пушечного, ракетного, бомбардировочного, специального и др.) и оценку его боевой эффективности, эффективности средств помехозащиты и постановки помех, защиты экипажа и его спасения и т.д.

Значительная часть испытаний на пригодность к использованию по прямому назначению проходит в рамках по-

лигонных испытаний. Данный вид испытаний проводится на испытательных полигонах, которые представляют собой определенную территорию и испытательные сооружения на ней, оснащенные средствами испытаний и обеспечивающие испытание объекта в условиях, близких к его условиям эксплуатации [3]. Именно возможность создания максимально близких к реальным условиям эксплуатации и предопределяет высокую роль и значимость полигонов в общей системе испытаний изделий АТ. Кроме того, полигонные испытания позволяют произвести оценку промышленной чистоты при проектировании АТ, несоблюдение которой зачастую приводит к авариям и катастрофам [9].

Так, например, уникальным испытательным полигоном является федеральное казенное предприятие «Государственный казенный научно-испытательный полигон авиационных систем имени Л.К. Сафронова» (ФКП «ГкНИПАС»). В настоящее время это мощный научно-экспериментальный центр, способный проводить комплексные испытания всего боевого авиационного комплекса на десятках испытательных стендов. На предприятии внедрены современные мощные вычислительные системы для обработки экспериментальных данных, управления экспериментом и проведения расчетов параметров испытаний, организовано опытное производство, созданы и успешно функционируют многочисленные обслуживающие подразделения и цеха.

Сегодня ФКП «ГкНИПАС» уполномочен проводить предварительные, государственные и сертификационные испытания изделий ведущих разработчиков авиационной и ракетной техники, выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (ОКР) в области аэродинамики, аэробаллистики, боевой живучести, вибропрочности, климатки и других направлений. Комплекс испытательных стендов уникален тем, что позволяет строго соблюдать условия реального применения техники – моделирования всех воздействий, возникающих при автономном полете неуправляемого и управляемого вооружения, а также при их совместном полете на носителе [10].

Практика показывает, что проведение полигонных испытаний изделий АТ в силу высокого уровня их сложности и наукоемкости связано с необходимостью обработки огромного объема информации, принятия решений по всему комплексу компонентов изделий АТ, в том числе по оперативной коррекции конструкторской, технической и технологической документации, что даже при использовании современных вычислительных комплексов связано со значительными временными и, как следствие, экономическими затратами. В этой связи объективно необходимым становится всемерное внедрение цифровых технологий, в том числе и в документы по стандартизации.

Одной из таких технологий является технология умных (SMART) стандартов. Умный (SMART) стандарт (SMART-стандарт) – это совокупность данных, содержащихся в доку-

ментах по стандартизации, представленных в машиночитаемом, машиноинтерпретируемом и машинопонимаемом форматах [11]. Представление стандартов в подобном виде позволяет любому конструктору, технологу, инженеру или испытателю применять цифровой документ по стандартизации на стадиях проектирования, подготовки и освоения производства, а также испытания. Так, стандартом с машинопонимаемым содержанием является такой стандарт, в рамках которого информационная система может самостоятельно воспринимать содержание одного или нескольких документов по стандартизации (стандарты в виде баз данных, программных кодов). Умными стандартами являются те, в которых информационная система не только понимает содержание стандартов, но и обладает способностью их самостоятельного применения и трактовки, т.е. без привлечения человека-оператора. Эти стандарты по своей

сути являются информационными моделями, способными строить самостоятельные взаимосвязи между элементами.

При этом следует иметь в виду, что в общем случае SMART-стандарты следует применять к документам по стандартизации, не относящимся к документам ограниченного доступа. Кроме того, необходимость их использования для стандартов организации, в том числе технических условий, каждая организация должна определять самостоятельно.

SMART-стандарт является объектом информационной системы и представляет собой контейнер структурированных и неструктурированных данных, полученных в результате обработки автоматизированными средствами. SMART-стандарт включает виды содержания, приведенные в таблице.

### Виды содержания SMART-стандарта

ВИД СОДЕРЖАНИЯ	РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ФОРМАТ ДАННЫХ
Машиночитаемое	docx, odf, pdf*
Машиноинтерпретируемое	html
Машинопонимаемое	xml, xhtml
	xml, форматы специальных видов

\* Формат pdf не применяется для машиночитаемого содержания SMART-стандарта документов национальной системы стандартизации

При этом виды содержания, указанные в таблице, являются фиксированными в заданный временной период для обеспечения возможности реализации в информационных системах функций и сервисов для SMART-стандарта в целом, а также каждого информационного блока и каждого информационного элемента в частности.

Информационная структура SMART-стандарта состоит из информационных блоков, которые содержат информационные элементы. Необходимость включения машиночитаемого, машиноинтерпретируемого и машинопонимаемого содержания в каждый информационный блок определяется исходя из его назначения.

Информационной средой функционирования SMART-стандартов являются информационные системы, которые в общем случае могут включать:

- 1) наличие адресного пространства, позволяющего уникально идентифицировать SMART-стандарты, редакции SMART-стандартов, информационные блоки, информационные элементы и обеспечивать взаимосвязи между ними;
- 2) возможность отображения SMART-стандартов в человековоспринимаемой форме;

- 3) возможность передачи SMART-стандартов в другие информационные системы посредством:
  - а) информационного обмена путем передачи и приема отчуждаемых контейнеров данных, содержащих SMART-стандарты;
  - б) информационного взаимодействия путем интеграции SMART-сервисов с информационными системами организаций – пользователей SMART-стандартов.
- 4) распространение SMART-стандартов;
- 5) возможность использования общероссийских классификаторов при машинопонимаемом изложении (кодировании) атрибутов, нормативных требований и информационных элементов;
- 6) наличие технической документации в машиночитаемом виде, содержащей:
  - а) принципы организации адресного пространства;
  - б) спецификации информационного обмена;
  - в) порядок идентификации SMART-стандартов, редакций SMART-стандартов, информационных блоков, информационных элементов и их взаимосвязи;
  - г) содержание классификаторов, используемых при кодификации реквизитов, и других метаданных;

- д) содержание классификаторов, используемых при кодификации информационных блоков, информационных элементов;
- е) описание формализованных языков, используемых для машинопонимаемого изложения требований.

Реализация возможностей, которые представляют SMART-стандарты, осуществляется при помощи SMART-сервисов, базовые функции которых применительно к полигонным испытаниям изделий АТ состоят в следующем:

- а) человеко-ориентированные информационные сервисы для пользователей:
  - поиск документов по изделиям АТ по атрибутам, контекстный поиск документов по изделиям АТ и требований по любым поисковым фразам на естественном языке;
  - отображение текста документа по изделию АТ для чтения, возможность отображения редакций документа (например, форматирование текста на экране в виде страницы документа; возможность изменить размер и вид шрифта; возможность отображения оглавления и перехода к структурным элементам текста и пр.);
  - отображение сведений о действии ссылочных документов по изделию АТ и возможность перехода по гиперссылкам к ссылочным документам в целом или на конкретные структурные элементы ссылочного документа, а также возможность перехода к актуальной редакции ссылочного документа по изделию АТ;
  - отображение отдельных нормативных требований, удобное для анализа (например, просмотр предыдущих редакций требования; сравнительный анализ редакций требований; сравнительный анализ текстов близких по смыслу требований из других документов, просмотр классифицируемых атрибутов требований и др.);
  - возможность для экспертной работы с документами и требованиями (например, создание подборок документов и требований, введение комментариев к доку-

ментам и требованиям, установка смысловых ссылок между фрагментами текста и т.д.);

- печать и сохранение в файл документов, требований и информационных элементов SMART-стандарта, в том числе реализация ограничений на печать и сохранение в файле, установленных при распространении SMART-стандартов;
- создание и ведение глоссариев терминов и их определений, обозначений и сокращений;
- б) машинноориентированные информационные сервисы:
  - формирование программного интерфейса приложения (Application programming interface) для доступа к SMART-стандартам для сторонних информационных систем (в случае необходимости);
  - чтение и обработка машинопонимаемого изложения требований информационными системами организаций – пользователей SMART-стандартов;
  - машинный анализ содержания SMART-стандартов для решения различных задач;
  - интеграционные программные решения для встраивания SMART-сервисов в информационные системы на стороне применения SMART-стандартов;
  - экспорт отдельных нормативных требований в сторонние информационные системы

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, SMART-стандарты и построенные на их базе сервисы могут быстрее и точнее искать информацию, эффективнее ее анализировать и автоматизировать применение нормативных требований. Внедрение SMART-стандартов делает возможным превратить документ по стандартизации в рабочий цифровой инструмент, существенно повышающий производительность труда и снижающий количество ошибок, внедрение которого позволит обеспечить существенную экономию временных, трудовых, материальных и финансовых ресурсов и тем самым добиться повышения экономической эффективности полигонных испытаний авиационной техники.

## Список использованных источников и литературы

1. ГОСТ Р 58849–2020. Авиационная техника гражданского назначения. Порядок создания. Основные положения.
2. Фридлянд А.А., Горелов Б.А., Газова М.М. Оценка стоимости жизненного цикла на стадиях внешнего и рабочего проектирования авиационной техники [Электронный ресурс]. <https://www.e-rej.ru/Articles/2018/Fridlyand.pdf> (дата обращения: 19.09.2024)
3. ГОСТ 16504–81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
4. Недайвода А.К. Факторы и условия полета ракетной и космической техники. М.: МГАТУ, 1885. 265 с.
5. Скорина С.Ф. Испытания изделий авиационной, ракетной и космической техники. СПб.: ГУАП, 2017. 137 с.
6. Судаков Р.С. Испытания технических систем. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.
7. Экспериментальная обработка космических летательных аппаратов / под ред. Н.В. Холодкова. М.: Изд-во МАИ, 1994. 412 с.
8. Шибанов Г.П. Испытания авиационной техники [Электронный ресурс]. <https://www.aviahumanfactor.ru/pbp/2/1436/ispytaniya-aviacionnoy-tehniki.htm> (дата обращения: 19.09.2024).
9. Круглов И.А. Проблема установления оптимальных норм промышленной чистоты при создании авиационно-космической техники // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 5(80). С. 14–18.

10. ГкНИПАС: испытания длиною в 80 лет [Электронный ресурс]. <https://glavportal.com/materials/gknipas-ispytaniya-dlinoyu-v-80-let> (дата обращения: 19.09.2024).
11. ПНСТ 864-2023. Умные (SMART) стандарты. Общие положения.

## ECONOMIC ASPECTS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF SITE TESTING OF AVIATION EQUIPMENT (BASED ON THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF SMART-STANDARDS)

**Astakhov S.A.**, candidate degree in technical sciences, director, State Treasury Scientific and Test Range of Aviation Systems named after L.K. Safronov

**Shvets N.N.**, doctorate degree in economics, professor, Head of Department, Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation

*Under the conditions of avalanche-like growth of scientific and technological progress and high turbulence of the external environment, the role and importance of the testing and certification stage within the life cycle of aviation equipment products has been significantly increasing. The article provides examples of the determining role of site tests in the general system of testing of aviation equipment products as well as substantiates the necessity of wide introduction of digital technologies while carrying out tests and in standardization documentation. The article considers the essence, meaningful classification and composition of the information environment of SMART-standards, as well as their basic functions are considered. In conclusion, the article substantiates the role of SMART-standards as an effective tool to improve the economic efficiency of site testing of aviation equipment.*

**Keywords:** aviation equipment, lifecycle, site testing, SMART-standard, economic efficiency.

### References

1. GOST P 58849–2020. Civil aviation equipment. Procedure for creation. Basic provisions.
2. Fridlyand A.A., Gorelov B.A., Gazova M.M. Estimation of life cycle cost at the stages of external and operational design of aviation equipment [Electronic resource]. <https://www.e-rej.ru/Articles/2018/Fridlyand.pdf> (date of reference: 19.09.2024).
3. GOST 16504–81. System of state testing of products. Products Testing and quality control. Basic terms and definitions.
4. Nedaivoda A.K. Flight factors and conditions of rocket and space apparatus. M.: MGATU, 1885. 265 p.
5. Skorina S.F. Testing aviation, rocket and space equipment. SPb.: GUAP, 2017. 137 p.
6. Sudakov R.S. Technical systems testing. Moscow: Mashinostroenie, 1988. 272 p.
7. Experimental spacecrafts processing / edited by N.V. Kholodkov. Moscow: MAI Publishing House, 1994. 412 c.
8. Shibanov G.P. Testing of aviation equipment [Electronic resource]. <https://www.aviahumanfactor.ru/pbp/2/1436/ispytaniya-aviacionnoy-tehniki.htm> (date of address: 19.09.2024).
9. Kruglov I.A. Problem of establishing the optimal norms of industrial purity in the process of creation of aerospace equipment // Information-economic aspects of standardisation and technical regulation. 2024. № 5(80). Pp. 14–18.
10. GkNIPAS: trials of 80 years [Electronic resource]. <https://glavportal.com/materials/gknipas-ispytaniya-dlinoyu-v-80-let> (date of reference: 19.09.2024).
11. PNST 864–2023. Smart Standards. General Provisions.