

ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

FEATURES OF METROLOGICAL SUPPORT OF EXPERIMENTAL WORK IN THE PERFORMANCE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT WORK

**P. Pomortsev
D. Kireev
R. Lesnichenko
M. Lesnichenko**

Summary. The tasks of creating rocket and space technology that meet modern requirements are largely assigned to rocket and space science, its theoretical, methodological and experimental potential. By rocket and space technology we will understand the constructive or functional combination of rocket and space technology, consisting of launch vehicles, spacecraft, space complexes (systems), as well as equipment designed to prepare for launch, launch and maintain in readiness for launch, technological equipment, technologies, materials, coatings, complex layouts et al.

The creation of new samples of rocket and space technology is based on theory, experiment and design practice and requires a large amount of theoretical, computational and experimental research. The considerable power and speed of modern computing systems make it possible to successfully use numerical modeling as a full-fledged tool for designing rocket and space technology. The use of numerical modeling makes it possible to significantly reduce the volume of expensive experimental studies, but does not reduce the relevance of experimental work. The experiment is still the main argument in the verification and confirmation of design models of samples of rocket and space technology, design solutions, technologies, materials, etc.

The development of the experimental base of the rocket and space industry organizations is continuously associated with an increase in the reliability and accuracy of test results and is largely due to the complication of tactical and technical requirements for the created samples of rocket and space technology. This development is accompanied by improvement, including metrological support of experimental work in terms of the organizational component.

Experimental work is understood as a system of operations, impacts and (or) observations aimed at obtaining information about an object of rocket and space technology during research tests. Research tests in accordance with [1] are tests conducted to study certain characteristics of the properties of an object.

Keywords: rocket and space technology, metrological support, experimental work, metrological service of the organization, research and development work.

Поморцев Павел Михайлович

канд. тех. наук, доцент, Акционерное общество
«Институт подготовки кадров машиностроения
и приборостроения», г. Королев

Киреев Дмитрий Геннадьевич

канд. тех. наук, Акционерное общество
«Институт подготовки кадров машиностроения
и приборостроения», г. Королев

Лесниченко Роман Иванович

канд. тех. наук, Акционерное общество
«Институт подготовки кадров машиностроения
и приборостроения», г. Королев
kaf34@yandex.ru

Лесниченко Максим Романович

Московский государственный технический
университет имени Н. Э. Баумана, г. Москва

Аннотация. Задачи создания ракетно-космической техники, удовлетворяющих современным требованиям, во многом возлагается на ракетно-космическую науку, на ее теоретический, методологический и экспериментальный потенциал. Под ракетно-космической техникой будем понимать конструктивное или функциональное объединение ракетной и космической техники, состоящей из ракет-носителей, космических аппаратов, космических комплексов (систем), а также оборудования, предназначенного для подготовки к пуску, пуска и поддержания в готовности к пуску, технологического оборудования, технологий, материалов, покрытий, сложных компоновок и др. Создание новых образцов ракетно-космической техники опирается на теорию, эксперимент и практику проектирования и требует проведения большого объема теоретических, расчетных и экспериментальных исследований. Значительные мощности и быстродействие современных вычислительных систем позволяют с успехом использовать численное моделирование как полноценный инструмент для проектирования ракетно-космической техники. Применение численного моделирования позволяет заметно сократить объемы дорогостоящих экспериментальных исследований, однако не снижает актуальности экспериментальных работ. Эксперимент по-прежнему является главным аргументом в проверке и подтверждении расчетных моделей образцов ракетно-космической техники, конструктивных решений, технологий, материалов и др. Развитие экспериментальной базы организаций ракетно-космической промышленности непрерывно связано с повышением достоверности и точности результатов испытаний и во многом обусловлено усложнением тактико-технических требований к создаваемым образцам ракетно-космической техники. Данное развитие сопровождается совершенствованием в том числе и метрологического обеспечения экспериментальных работ в части организационной составляющей.

Под экспериментальными работами понимается система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте ракетно-космической техники при исследовательских испытаниях. Исследовательскими испытаниями в соответствии с [1] называются испытания, проводимые для изучения определенных характеристик свойств объекта.

Ключевые слова: ракетно-космическая техника, метрологическое обеспечение, экспериментальная работа, метрологическая служба организации, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа.

Введение

Известно, что различного рода экспериментальные работы проводятся преимущественно в рамках выполнения работ научно-исследовательского характера, равно как на этапе технического проектирования, формирования эскизов и при выполнении необходимых опытно-конструкторских работ. Все данные работы проводятся для достижения следующих целей:

Во-первых, с целью выявления и оценки показателей, отражающих качество функционирования объекта, в отношении которого проводятся те или иные испытания, в том числе, в различных условиях функционирования такового. Во-вторых, для целей выбора наиболее благоприятных режимов применения объекта, а также наиболее оптимальных характеристик всех его свойств. В-третьих, в целях сравнения различного рода вариантов практики реализации объекта, причем как при его аттестации, так и на этапе его проектирования. В-четвертых, в целях формирования математической модели, на основании которой объект функционирует, что также можно рассматривать через призму оценки основных параметров математической модели объекта. В-пятых, для отбора наиболее значимых факторов, которые оказывают влияние на ключевые показатели качества деятельности объекта. Кроме того, данные работы являются объективной необходимостью для того, чтобы выбрать разновидность математической модели объекта среди всех возможных вариантов. Стоит отметить, что данный перечень не является исчерпывающим и данные работы могут быть проведены и для достижения иных целей.

Метрологическое обеспечение экспериментальных работ представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, технических средств, правил и норм, направленных на получение при проведении экспериментальных работ информации о количественных значениях измеряемых величин с заданными показателями точности. В качестве ключевой тенденции, которую сегодня можно наблюдать в развитии всего метрологического обеспечения, выступает планомерный переход от ранее существовавшей задачи по обеспечению точности и единства измерений, к задаче, которая во многом направлена на обеспечение качества измерений в рамках проведения работ экспериментальной направленности. В указанном аспекте нельзя не согласиться с тем, что качество измерений является более широким понятием, по сравнению с понятием точности таковых. Во многом это обусловлено тем, что оно в полной мере описывает совокупность свойств всех средств измерений, которые на практике обеспечивают получение в установленный срок результатов всех измерений, в том числе, с точностью, сходимостью, правильностью, достоверностью и возможностями для их воспроизведения.

Цели и задачи метрологического обеспечения экспериментальных работ

В качестве цели метрологического обеспечения работ, которые имеют экспериментальную направленность, в том числе, в рамках проведения работ, относящихся к опытно-конструкторским или научно-исследовательским и во многом необходимы в целях формирования образцов ракетно-космической техники, выступает обеспечение точности и единства измерений, которые контролируются в рамках проведения экспериментальных работ. В основу данной деятельности закладываются характеристики образцов и их параметры до и после эксперимента.

В свою очередь, задач метрологического обеспечения указанных работ выделяют несколько. Рассмотрим их более детально:

- формирование номенклатуры основных характеристик и параметров объектов ракетно-космической техники, а также испытательных режимов и всех факторов, которые могут оказать на них воздействие, если параметры и характеристики подлежат измерению. Кроме того, определяются возможные диапазоны изменения и возможные, а также допустимые погрешности всех измерений.
- выбор методов и методик измерений, равно как средств измерений и унифицированных образцов, технических устройств и систем, обладающих измерительными функциями, выбор испытательного оборудования, а также вспомогательного оборудования и устройств, наличие которых выступает в качестве объективной необходимости для выполнения экспериментальных работ в рамках проведения опытно-конструкторских и исследовательских работ.
- разработка методов и методик для измерений, а также самих средств измерений, технических устройств и систем, обладающих измерительными функциями, стандартных образцов, испытательного оборудования, равно как установление необходимых точных характеристик этих методов и методик измерений. Кроме того, это разработка измерительных средств, технических устройств и систем, стандартных образцов, испытательного оборудования.
- согласование с метрологической службой предприятия документации экспериментальных работ;
- обучение персонала, участвующего в экспериментальных работах, порядку проведения указанных выше работ.

Под точностными характеристиками будем понимать:

а) для средств измерений, устройств и технических систем, которые обладают измерительными функциями, равно как для испытательного оборудования — такими характеристиками выступает спектр различного рода метрологических характеристик, которые оказывают влияние на точность измерения;

б) для методов и методик измерения такими характеристиками будут выступать основные показатели точности измерений;

в) для стандартных образцов в качестве таких характеристик выступают различные метрологические характеристики;

г) для испытательного оборудования — совокупность данных характеристик, которые воспроизводят условия испытаний с помощью специального оборудования.

Особенности метрологического обеспечения экспериментальных работ

Работы по метрологическому обеспечению экспериментальных работ начинаются с планирования. Планирование развития системы метрологического обеспечения ракетно-космической техники носит программно-целевой характер, осуществляется в целях достижения ее сбалансированного развития с образцами ракетно-космической техники и предназначено для формирования перспективных планов развития системы, обеспечивающих требуемый уровень метрологического обеспечения ракетно-космической техники на всех этапах ее создания [2]. При планировании экспериментальных работ должен быть разработан перечень (номенклатура) параметров и характеристик объекта ракетно-космической техники, воздействующих факторов и испытательных режимов, подлежащих измерениям (измерительному контролю) (далее — перечень контролируемых параметров).

На основании перечня контролируемых параметров выбираются методики (методы) измерений, средства измерений, стандартные образцы, технические системы и устройства с измерительными функциями, испытательное оборудование, необходимые для их измерений (воспроизведения). Результаты работы по выбору методик (методов) измерений, средств измерений, стандартных образцов, технических систем и устройств с измерительными функциями, испытательного оборудования оформляются в виде перечня необходимых для измерений (воспроизведения) контролируемых параметров.

При необходимости организуются работы по разработке методик (методов) измерений, стандартных образцов, средств измерений, технических устройств, а также систем с измерительными функциями, испытательного

оборудования, равно как методик оценки и характеристик таких.

Документация по экспериментальным работам должна быть согласована с метрологической службой организации с целью проверки правильности и полноты установленных в ней норм точности, возможности их реализации и достаточности для контроля характеристик образцов ракетно-космической техники.

В перечень документации по экспериментальным работам, подлежащим согласованию с метрологической службой организации, входят:

- технические задания на выполнения экспериментальных работ, конструкторская и технологическая документация на разработку и изготовление объектов ракетно-космической техники;
- программы и методики экспериментальных работ;
- сетевой график проведения экспериментальных работ, содержащий этапы экспериментальных работ — разработку документации, изготовление оборудования и сроки проведения экспериментальных работ;
- техническое задание и необходимая документация на разработку;
- инструкции по эксплуатации и технические описания;
- формуляры (паспорта);
- методики (методы) измерений;
- отчеты о проведении экспериментальных работ по этапам и законченным испытаниям.

В прямой зависимости от ключевых особенностей проведения экспериментальных работ данный перечень документации может быть расширен.

До начала проведения экспериментальных работ:

- необходимо надлежащим образом организовать все необходимое обучение персонала предприятия, направленное на то, чтобы обучить их техническому обслуживанию и выполнению измерений;
- необходимо провести работы, направленные на установление всех точностных характеристик и на оценку того, готово ли метрологическое обеспечение к проведению экспериментальных работ.

Согласно требованиям, которые отражены в техническом задании, установление точностных характеристик для:

1. методик (методов) измерений может осуществляться путем ее аттестации в соответствии с порядком [3] или экспериментальных и (или) теоретических исследований (расчетов) ее точностных

характеристик в соответствии с согласованной метрологической службой организации методикой оценки (расчета) точностных характеристик методик (методов) измерений;

2. средств измерений и стандартных образцов может осуществляться посредством проведения испытаний для утверждения типа согласно всем данным о проверке измерительных средств, а также в соответствии со всеми утвержденными методиками осуществления проверки или в соответствии с данными о проведении калибровки измерительных средств согласно методом калибровки, который применяется в организации [4];
3. технических систем и устройств с измерительными функциями может осуществляться в соответствии с [5] или путем экспериментальных исследований в соответствии с согласованной метрологической службой организации методикой оценки точностных характеристик технических систем и устройств с измерительными функциями;
4. испытательного оборудования может осуществляться путем его аттестации в соответствии с [6] или экспериментальных исследований в соответствии с согласованной метрологической службой организации методикой оценки точностных характеристик испытательного оборудования, или подтверждения при помощи методик (методов) измерений, средств измерений, стандартных образцов непосредственно в процессе проведения экспериментальных работ, а используемые методики (методы) измерений, средства измерений, стандартные образцы для подтверждения точностных характеристик испытательного оборудования непосредственно в процессе проведения экспериментальных работ должны удовлетворять требованиям первого и второго перечислений.

Отчетные документы по результатам установления точностных характеристик в обязательном порядке должны содержать информацию о том, какая методика или какие методы измерений были использованы и какие точностные характеристики при этом были полу-

чены. Результаты оценки готовности метрологического обеспечения экспериментальных работ оформляются актом оценки готовности метрологического обеспечения экспериментальных работ.

Отчетные материалы экспериментальных работ в обязательном порядке должны содержать исчерпывающий перечень информации в сфере использованных методов и методик измерений, стандартных образцов, средствах измерений, технических устройств и систем, в том числе, с функциями измерения. В частности, указываются такие данные, как номера, позволяющие идентифицировать оборудование, его наименование, иные признаки, также можно ссылаться на иную отчетную документацию.

Отчеты о проведении экспериментальных работ по этапам и законченным испытаниям должны быть согласованы с метрологической службой предприятия

Заключение

В настоящей статье представлены особенности метрологического обеспечения экспериментальных работ при выполнении опытно-конструкторских, а также научно-исследовательских работ в области создания ракетно-космической техники, что вполне можно отнести к организационной составляющей метрологического обеспечения.

Кроме работ, представленных в статье, могут выполняться другие работы, предусмотренные документами по стандартизации ракетно-космической промышленности, а также положениями о метрологической службе организации.

Таким образом, в целом комплекс мер по совершенствованию метрологического обеспечения позволяет гарантировать качество и повышает достоверность и точность экспериментальных работ, расширяет возможности экспериментальных исследований создаваемых образцов ракетно-космической техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 16504–81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
2. Поморцев П.М., Киреев Д.Г., Лесниченко Р.И. Программно-целевое планирование развития системы метрологического обеспечения перспективных изделий ракетно-космической техники // К.Э. Циолковский. История и современность. Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научно-го наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 2. — 2022. — С. 95–96.
3. Порядок аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения (утвержден Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 15 декабря 2015 г. № 4091, зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации от 20 февраля 2016 г. № 41181).
4. Порядок проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, порядка утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них, порядка выдачи сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, формы сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, требований к знакам

утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения (утвержден Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 28.08.2020 № 2905, зарегистрированным в Министерстве юстиции Российской Федерации 20.11.2020 № 61034).

5. ГОСТ Р 8.678–2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Формы оценки соответствия технических систем и устройств с измерительными функциями установленным требованиям.
6. ГОСТ Р 8.568–2017 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.

© Поморцев Павел Михайлович; Киреев Дмитрий Геннадьевич; Лесниченко Роман Иванович (kaf34@yandex.ru);

Лесниченко Максим Романович

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»