

Для цитирования

Геранина Л.А., Денискин Ю.И. Анализ и стандартизация измерительных процессов для управления качеством производственных процессов в ракетно-космической отрасли / III Научно-практическая конференция «Стандартизация: траектория науки», приуроченная ко Всемирному дню стандартов, Москва, 15 октября 2025 г. // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 6(87). С. 166–169.

УДК 004.9

АНАЛИЗ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Геранина Л.А., аспирант, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва

Денискин Ю.И., д-р техн. наук, профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва

Статья посвящена совершенствованию процессов обеспечения единства измерений в условиях роста сложности и разнообразия измерительных задач. Рассматриваются принципы и подходы методологической основы контроля измерений технологических процессов, особое внимание уделено анализу измерительных систем (MSA). Приводятся основные методы анализа, включая оценку повторяемости и воспроизводимости (GR&R), анализ линейности и смещения, а также использование статистического управления процессом (SPC). Обосновывается важность регулярного проведения анализа измерительных систем для повышения точности измерений, минимизации потерь и оптимизации затрат на предприятиях.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, система менеджмента качества, анализ измерительных систем, достоверность измерений, предиктивная аналитика

ANALYSIS AND STANDARDIZATION OF MEASUREMENT PROCESSES FOR QUALITY MANAGEMENT IN THE ROCKET AND SPACE INDUSTRY

Geranina L.A., Postgraduate Student, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

Deniskin, Y.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The article is devoted to improving the processes of ensuring measurement unity in conditions of increasing complexity and diversity of measurement tasks. The principles and approaches of methodological basis for controlling technological process measurements are considered, with special attention given to analysis of measuring systems (MSA). The main methods of analysis are presented, including evaluation of repeatability and reproducibility (GR&R), linearity and bias analysis, as well as statistical process control (SPC). The importance of regular implementation of measuring system analysis for enhancing measurement accuracy, minimizing losses, and optimizing costs at enterprises is substantiated.

Keywords: metrological support, quality management system, measurement system analysis, measurement reliability, predictive analytics

Развитие ракетно-космической отрасли (РКО) и освоение космоса является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации. Достижение поставленных целей требует обеспечения высокого уровня качества производственных процессов. Повышение качества, надежности и конкурентоспособности продукции РКО представляет собой комплексную задачу, зависящую от множества факторов, среди которых

ключевое значение имеет уровень метрологического обеспечения как составная часть технологической подготовки производства.

В ходе повседневной деятельности руководители метрологических служб предприятий сталкиваются с рядом проблем, связанных с управлением данными и принятием управленческих решений, от эффективности которых напрямую зависят результаты деятельности предприятия. Для руководителя метрологической службы принципиально важно осознавать, что вопросы повышения качества продукции решаются в рамках функционирования системы менеджмента качества (СМК) организации, соответствующей требованиям международных стандартов серии ISO 9000 и отраслевых нормативов.

Ключевым элементом СМК является система метрологического обеспечения, выполняющая информационно-аналитическую функцию в управлении и совершенствовании производственных процессов, а также в обеспечении результативности самой СМК. Высокое качество выпускаемой продукции определяется стабильностью производства, корректностью разработки технологических процессов, программ и методик испытаний, что невозможно без достоверной информации о качестве исходных материалов, режимах и параметрах технологических операций. Результаты измерений обеспечивают контроль стабильности технологических процессов, а также входной и выходной контроль продукции.

В настоящее время при сертификации СМК организаций применяются требования стандарта ГОСТ Р ИСО 9001–2015 [1]. Согласно разделу 7.1.5.1 «Управление техническими средствами для мониторинга и измерений» технические средства классифицируются по категориям в зависимости от их назначения и применимости. Однако анализ нормативных требований и практики сертификации показывает, что проверке соответствия подвергаются не все положения, регламентирующие метрологическое обеспечение организации в рамках обеспечения единства измерений. Это не позволяет в полной мере оценить фактическое состояние метрологического обеспечения и, следовательно, результативность функционирования СМК.

Процедура сертификации охватывает преимущественно технические средства измерений, в то время как стандарт ГОСТ Р ИСО 9001–2015 не содержит прямых требований к организации и проведению метрологического надзора, экспертизы конструкторской и технологической документации, разработке и аттестации методик измерений. Соответственно, данные аспекты остаются вне рамок оценки при сертификации.

При этом проведение измерений на всех этапах жизненного цикла продукции должно осуществляться с применением средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку. Все технические средства измерений обладают совокупностью характеристик, полнота сведений о которых определяет возможности и надежность всего измерительного комплекса.

В ракетно-космической отрасли измерения играют ключевую роль, являясь основой количественной оценки качества продукции. Они охватывают параметры составных частей, комплектующих, технологических процессов и режимов испытаний. По экспертным оценкам, на предприятиях в среднем на долю контрольно-измерительных операций приходится около 30% рабочего времени, а в высокотехнологичных отраслях, таких как ракетно-космическая, приборостроительная и машиностроительная, этот показатель достигает 45%.

Рост сложности и разнообразия измерительных задач обуславливает необходимость совершенствования процессов обеспечения единства измерений для повышения результативности и эффективности СМК. Методологическая основа контроля измерений технологических процессов включает ряд принципов и подходов, направленных на обеспечение точности, надежности и воспроизводимости результатов. Одним из таких подходов является анализ измерительных систем (АИС, Measurement System Analysis – MSA).

АИС представляет собой метод оценки приемлемости измерительной системы на основе количественного анализа ее характеристик. По сути, понятие АИС эквивалентно понятию «процесс измерений», под которым понимается совокупность операций, необходимых для определения значения физической величины, а также факторов, влияющих на результат измерений – измерительного оборудования, фиксирующих устройств, методик проведения

измерений, программного обеспечения, изменчивости измеряемых характеристик, характеристик персонала, условий окружающей среды и др.

Определение термина «процесс измерений», приведенное в ГОСТ Р ИСО 9000 и ГОСТ Р ИСО 10012 [2], было уточнено и дополнено перечнем факторов, влияющих на результат измерений. Использование данного термина вместо «измерительная система» (применяемого, например, в ГОСТ Р 56176) [3] позволяет исключить неоднозначность толкования понятий.

Для предприятий ракетно-космической отрасли метод АИС [4] является эффективным инструментом совершенствования процессов СМК, основанных на статистических данных. Он позволяет оценивать не только методы испытаний и средства измерений, но и весь процесс получения достоверных данных, используемых при анализе качества и выявлении причин ошибок измерений. АИС, являясь ключевым элементом методологии Six Sigma, играет важную роль в обеспечении надежности и безопасности функционирования производственных систем.

Применение методов АИС позволяет предприятиям объективно оценивать надежность измерительных систем, выявлять направления для их совершенствования и принимать более обоснованные управленческие решения на основе достоверных данных. Существенную роль в повышении эффективности управления качеством продукции играет также предиктивная аналитика, представляющая собой совокупность методов автоматизированного анализа статистических данных, полученных в том числе с использованием АИС. Применение предиктивной аналитики обеспечивает своевременную адаптацию производственных процессов к изменениям, способствует предотвращению возникновения дефектов и снижению рисков, что в конечном счете повышает обоснованность решений, принимаемых в отношении продукции и технологий ее изготовления.

Для измерения выходных параметров (ключевых характеристик) продукции и/или технологического процесса [5] необходимо последовательно выполнить комплекс процедур, включающих: определение параметров и характеристик, отражающих требуемые свойства объекта; установление необходимой степени достоверности измерений, допусков и норм точности; выбор методов и средств измерений, обеспечивающих достижение заданной точности; обеспечение метрологической прослеживаемости средств измерений посредством их периодической поверки или калибровки; учет и создание требуемых условий проведения измерений; обработку полученных результатов и оценку характеристик погрешностей. Указанные процедуры образуют взаимосвязанную систему, нарушение которой, то есть исключение любого из ее элементов, приводит к снижению достоверности измерений, что в конечном счете может обусловить существенные экономические потери и принятие неэффективных управленческих решений.

В заключение следует отметить, что уровень метрологического обеспечения предприятия [6] является одним из ключевых факторов, определяющих качество выпускаемой продукции. В этой связи особую значимость приобретает совершенствование и стандартизация подходов к процессам измерений, основанным на статистических методах, включая анализ системы измерений (MSA) и применение предиктивной аналитики. Реализация данных подходов в комплексе с традиционными элементами метрологического обеспечения способствует повышению надежности измерений и устойчивости производственных процессов, что в конечном итоге обеспечивает рост конкурентоспособности отечественной ракетно-космической техники [7].

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000–2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. ГОСТ Р ИСО 10012–2008 Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию.
3. ГОСТ Р 56176–2014 Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонных отраслей промышленности. Управление стабильностью ключевых характеристик.
4. Анализ измерительных систем. MSA. Ссылочное руководство / Пер. с англ. четвертого издания от июня 2010 г. – Н. Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2012. – 452 с. (двуязычное).

5. ГОСТ Р 58125–2018 Национальный стандарт Российской Федерации. Системы космические. Система технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий космической техники. Организация и управление технологической подготовкой производства.
6. ГОСТ Р 8.820–2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
7. ГОСТ Р 58046–2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества предприятий авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности. Перспективное планирование качества продукции. Руководство по анализу процессов измерений.

References

1. GOST R ISO 9000–2015. Quality Management Systems. Fundamentals and Vocabulary.
2. GOST R ISO 10012–2008. Organization Management. Measurement Management Systems. Requirements for Measurement Processes and Measuring Equipment.
3. GOST R 56176–2014. National Standard of the Russian Federation. Quality Management Systems for Organizations of Aircraft, Spacecraft and Defense Industries. Control of Stability of Key Characteristics.
4. Measurement System Analysis (MSA): Reference Handbook / Translated from English Fourth Edition June 2010. – Nizhny Novgorod: OOO SMTs “Priority”, 2012. – 452 pp. (bilingual edition).
5. GOST R 58125–2018. National Standard of the Russian Federation. Space Systems. Technological Support System for Development and Introduction into Production of Space Technology Products. Organization and Management of Technological Preparation of Production.
6. GOST R 8.820–2013. State System for Ensuring Uniformity of Measurements. Metrological Provision. Basic Principles.
7. GOST R 58046–2017. National Standard of the Russian Federation. Quality Management Systems for Enterprises of Aircraft, Spacecraft and Defense Industries. Prospective Product Quality Planning. Guidance on Measurement Process Analysis.