

УДК 62-112.5

УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ В ПРОЦЕССАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ НАУКОЕМОЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

^{1,2}Сидорин В.В., ^{1,3}Халилюлина Н.Б.

¹*Институт перспективных технологий и индустриального программирования
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
Москва, e-mail: wwsid@yandex.ru;*

²*АНО «Институт испытаний и сертификации вооружения и военной техники»,
Москва, e-mail: ooostatus@gmail.com;*

³*ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук», Нижний Новгород*

В статье представлен подход к проектированию и разработке высокотехнологичной наукоемкой продукции с применением методологии управления конфигурацией, апробированной и продемонстрировавшей свою эффективность многолетним применением в России и в мире в таких высокотехнологичных и наукоемких отраслях промышленности, как авиационная, космическая и оборонная. Управление конфигурацией – эффективный инструмент для получения устойчивого стабильного воспроизводимого результата – качества создаваемых образцов наукоемкой высокотехнологичной продукции различного функционального назначения для различных областей применения. Особое значение управление конфигурацией имеет на ранних этапах жизненного цикла, на этапах проектирования и разработки, при формировании параметров и характеристик создаваемой продукции. Управление конфигурацией дополняет процессный подход в менеджменте качества создаваемой продукции, дополняя и усиливая его. Показано, что документирование и поддержание в рабочем состоянии процесса менеджмента конфигурации должно обеспечить в каждом из многократно выполняемых действий стабильность результатов и в итоге на выходе процесса – стабильное воспроизводимое качество создаваемой продукции. А установление и распределение ответственности и полномочий между ответственным исполнителем (руководителем, владельцем процесса) и исполнителями отдельных видов деятельности по процессу должно учитывать сложность и характер создаваемой продукции и структурированных объектов конфигурации. Влияющими факторами являются также стабильность процессов и изменяющиеся требования на различных стадиях жизненного цикла НВП; а также потребности и интересы других заинтересованных сторон, вовлеченных в процесс внутри и вне организации. В статье представлены также предложения по разработке процесса «Управление конфигурацией при проектировании и разработке наукоемкой высокотехнологичной продукции».

Ключевые слова: высокотехнологичная наукоемкая продукция, процессный подход, управление изменениями, менеджмент рисков, базовая конфигурация, менеджмент конфигурации, объекты конфигурации, управление изменениями, аудит конфигурации

CONFIGURATION MANAGEMENT IN DESIGN PROCESSES AND THE DEVELOPMENT OF HIGH-TECH HIGH-TECH PRODUCTS

^{1,2}Sidorin V.V., ^{1,3}Khalilyulina N.B.

¹*Institute of Advanced Technologies and Industrial Programming RTU MIREA,
Moscow, e-mail: wwsid@yandex.ru;*

²*Institute of Testing and Certification of Weapons and Military Equipment,
Moscow, e-mail: ooostatus@gmail.com;*

³*Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod*

The article presents an approach to the design and development of high-tech high-tech products using the configuration management methodology, which has been tested and demonstrated its effectiveness by long-term application in Russia and in the world in such high-tech and high-tech industries as aviation, space and defense. Configuration management is an effective tool for obtaining a stable, stable reproducible result – the quality of the created samples of high-tech high-tech products of various functional purposes for various fields of application. Configuration management is of particular importance at the early stages of the life cycle, at the design and development stages, when forming the parameters and characteristics of the products being created. Configuration management complements the process approach in the quality management of created products, complementing and strengthening it. It is shown that documenting and maintaining the configuration management process in working order should ensure stability of results in each of the repeatedly performed actions and, as a result, at the output of the process, stable reproducible quality of the products being created. And the establishment and distribution of responsibility and authority between the responsible executor (manager, owner of the process) and the executors of certain types of process activities should take into account the complexity and nature of the products being created and structured configuration objects. The influencing factors are also the stability of processes and changing requirements at various stages of the life cycle of the NVP; as well as the needs and interests of other stakeholders involved in the process inside and outside the organization. The article also presents proposals for the development of the process “Configuration management in the design and development of high-tech high-tech products”.

Keywords: high-tech high-tech products, process approach, change management, risk management, basic configuration, configuration management, configuration objects, change management, configuration audit

Понятие «конфигурация изделия» представляет собой совокупность элементов, блоков, узлов, модулей, деталей, других составляющих конечного изделия и их взаимное расположение, обеспечивающие выполнение изделием функций в соответствии с установленными требованиями. Термин «конфигурация» раскрывается как «взаимосвязанные функциональные и физические характеристики, установленные в документации и реализованные в продукции» [1–3]. Этим определением одновременно раскрывается и смысл управления конфигурацией. В упрощенном виде управление конфигурацией состоит в осуществлении требования заказчика, затем замысла конструктора, деятельности технолога и исполнителей производственных процессов без каких-либо искажений и отступлений от установленных требований управлением всеми процессами создания изделия. Процесс управления конфигурацией включает такие основные этапы: планирование управлением конфигурацией, идентификацию объекта конфигурации, управление изменениями, учет статуса (состояния) конфигурации и аудит (проверку) конфигурации [2, 3]. На каждом из этих этапов получение соответствующего результата без отступления от установленных требований достигается выполнением в установленном порядке требуемых для этого изменений при возникающей в них необходимости. Изменения в управляемом порядке выполняются в отношении соответствующих и требующих того объектов конфигурации, включая и документированную информацию, и процессы проектирования и разработки, и производственные процессы, процессы мониторинга и измерения, верификации и валидации.

Порядок, определяющий применение изменений как средства управления конфигурацией, включает установление и распределение ответственности и полномочий среди вовлеченных в эту деятельность сотрудников, отвечающих также за управление и верификацию соответствующих производственных процессов. Управление изменениями включает планирование, документирование изменений, влияющих на процессы, на средства технологического обеспечения, в том числе на применяемое в них программное обеспечение. С целью подтверждения достижения требуемого результата без отрицательного влияния на соответствие продукции должна проводиться оценка результатов выполненных изменений.

Документированный процесс управления конфигурацией должен обеспечить систематическое получение стабильного вос-

производимого результата – соответствия результатов процессов проектирования, разработки, производства и применения созданного изделия установленным требованиям [4–6]. В процессе должна быть идентифицирована конфигурация продукции, соответствующая установленным требованиям, а также порядок установления статуса конфигурации для определения любых различий между фактической и утвержденной конфигурациями.

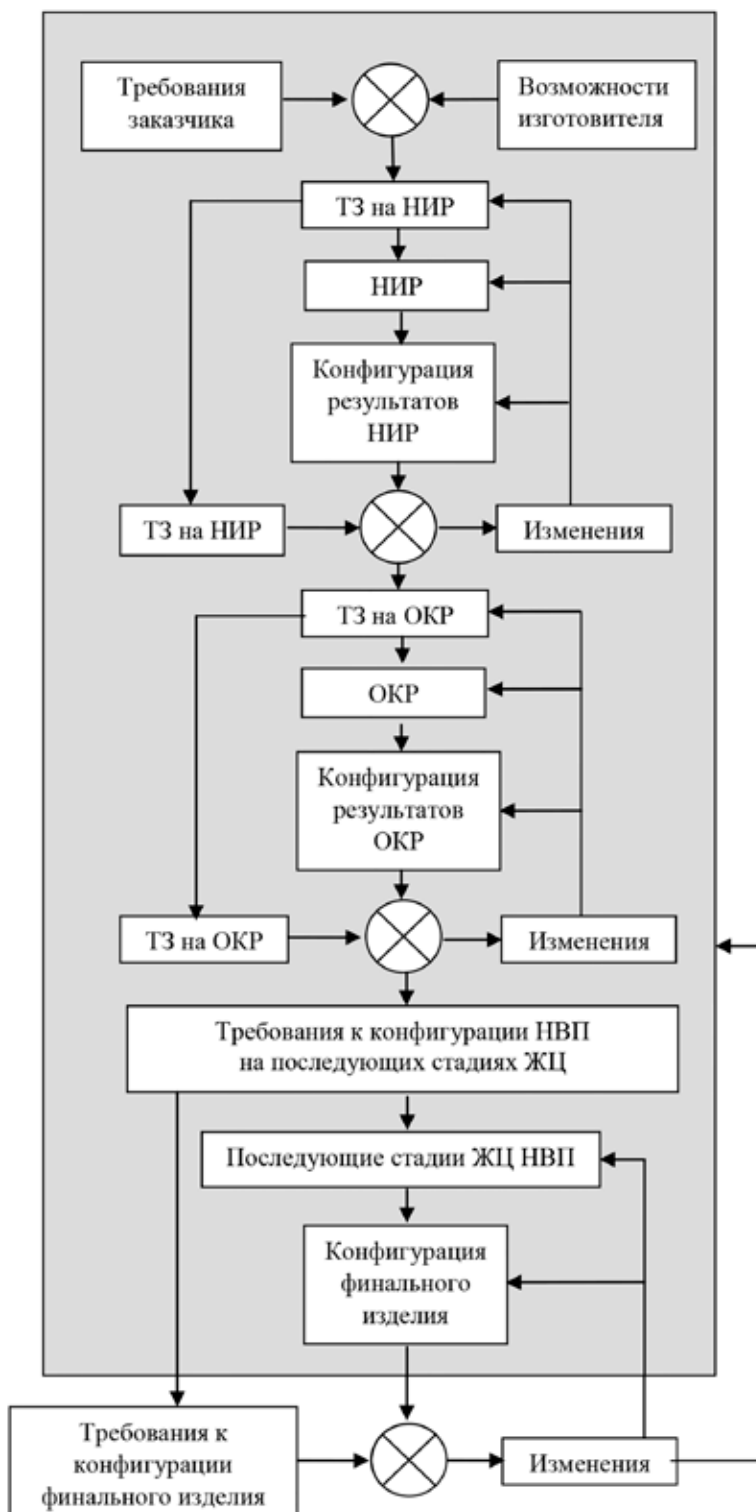
Цель статьи – представить рекомендации по разработке и документированию процесса управления конфигурацией в системе менеджмента качества организации, основанные на анализе требований документов по стандартизации, известных подходов, отечественного и мирового опыта по управлению конфигурацией в различных отраслях промышленности.

1. Управление конфигурацией в стандартах на системы менеджмента качества организаций

Требования стандартов на системы менеджмента качества (СМК) организаций таких высокотехнологичных отраслей, как космическая, авиационная, оборонная, к деятельности по управлению конфигурацией содержат ряд особенностей, обусловленных спецификой конкретного вида продукции [4–6]. В отношении процессов создания наукоемкой высокотехнологичной продукции (НВП) процесс управления конфигурацией должен обеспечивать, чтобы документированная информация (например, требования, документация по проектированию, верификации, валидации, приемке) соответствовала реальным свойствам высокотехнологичной наукоемкой продукции [4, 5]. Содержанием и результатом процесса должны стать идентификация и управление физическими и техническими характеристиками НВП на протяжении всего ее жизненного цикла (ЖЦ). Процесс должен управлять идентификацией и прослеживаемостью НВП по отношению к установленным требованиям, включая реализацию установленных изменений и обеспечивая соответствие документированной информации реальным свойствам НВП.

Инструментами планирования, внедрения и выполнения процесса управления конфигурацией НВП на различных этапах ее создания могут быть как документированные требования, так и документация по проектированию, верификации, валидации, приемке продукции и др. В зависимости от стадии (этапа) жизненного цикла, на которой находится НВП, ее конфигурация может быть описана комплектом доку-

ментов по стандартизации (ДС) и данными, устанавливающими требования к вновь создаваемому или модифицируемому образцу НВП. Конфигурация может быть представлена как комплектом документов и данных, определяющих конструкцию изделия или его модификацию, так и непосредственно созданным образцом НВП [2].



Управление конфигурацией создаваемой наукоемкой высокотехнологичной продукции на стадиях жизненного цикла

Управление конфигурацией включает в себя также и структурирование НВП на отдельные объекты – элементы конфигурации для применения в отношении их тех же подходов, что и к конечному изделию, образцу НВП как конечному изделию. Конфигурация изделия рассматривается при этом как структурированная совокупность свойств (конструктивных, функциональных и эксплуатационных характеристик) проектируемого, разрабатываемого или уже существующего изделия [2]. Структурирование НВП на элементы конфигурации осуществляется как последовательная поуровневая стратификация системы на комплексы, аппаратуру, блоки, узлы, модули, элементы, детали. Объектом управления конфигурации на каждом из этих уровней является носитель информации об этом элементе конфигурации. Это, в частности, либо документация на стадии проектирования и разработки, либо технологические процессы на стадии производства, либо непосредственно тот или иной образец высокотехнологичной наукоемкой продукции на стадии применения.

Соответственно, объект конфигурации представляет собой идентифицированную выделенную часть конфигурации конечного образца НВП для управления ее конфигурацией по установленным критериям. Сложением полученных таким образом результатов достигается управление конфигурацией финального изделия – создаваемого образца НВП (рисунок). При этом объект конфигурации рассматривается в относящихся к нему процедурах управления конфигурацией как единое целое, как объект управления конфигурацией, но уже на своем уровне разукрупнения конечного изделия. Объект управления конфигурацией передается по стадиям жизненного цикла, трансформируясь последовательно из сформулированных технических требований (ТТ) в технические задания (ТЗ) на научно-исследовательскую (НИР) и опытно-конструкторскую работы (ОКР), в опытные и экспериментальные образцы, опытные партии, а затем в конечную продукцию, поставляемую для применения и эксплуатации потребителями. Инструмент управления конфигурацией на всех стадиях жизненного цикла – изменения, вводимые в процессы на каждом этапе по результатам оценки соответствия объекта конфигурации соответствующим критериям.

Имея целью обеспечение соответствия образца НВП заданным требованиям, управление конфигурацией в целом представляет собой совокупность процедур управления необходимыми изменениями конструкции

НВП, документации и данных, а также систематический контроль соответствия образца высокотехнологичной наукоемкой продукции заданным требованиям [2].

Для достижения цели процесс управления конфигурацией должен включать обязательную идентификацию объектов конфигурации, учет всех согласованных изменений в конструкторской и технологической документации (КД и ТД). В КД и ТД устанавливаются характеристики вида НВП, соответствующие определенной его конфигурации для использования их в качестве эталонной базы в последующих процедурах управления конфигурацией на стадиях производства, поставки, применения [5].

В целом процесс управления конфигурацией НВП представляет собой адаптацию к особенностям образца НВП основных положений и руководящих указаний по менеджменту конфигурации ГОСТ Р ИСО 10007-2019 [2].

2. Идентификация объектов конфигурации при проектировании и разработке наукоемкой высокотехнологичной продукции

Процесс менеджмента конфигурации представляет собой деятельность по техническому и административному управлению жизненным циклом продукции [2]. Он включает этапы планирования, идентификации объекта конфигурации, управления изменениями и установления состояния (статуса) конфигурации и соответствующих данных об объекте конфигурации. Как и другие процессы, он должен выполняться персоналом с соответствующей компетентностью под руководством ответственного исполнителя (руководителя) процесса.

Последующую связь процедур управления конфигурацией по ГОСТ Р ИСО 10007 с процессами жизненного цикла образца НВП устанавливает ГОСТ Р 59193 Управление конфигурацией. Основные положения [3]. Цель управления конфигурацией создаваемой НВП – обеспечение ее соответствия установленным требованиям средствами контроля со стороны как создателей, так и заказчиков, будущих потребителей, поставщиков всех уровней, аутсорсинговых организаций, других заинтересованных сторон.

Управление конфигурацией конструктивно и технологически сложной НВП выполняется последовательно с использованием ее декомпозиции на отдельные управляемые объекты – объекты конфигурации [7].

Для каждого структурированного объекта НВП разрабатывается комплект документации конфигурации, который после утверждения приобретает статус «утвержденной конфигурации» данного объекта.

Документированная информация на стадиях жизненного цикла НВП
в процессе менеджмента конфигурации

Стадия жизненного цикла	Объект конфигурации	Документированная информация об объекте конфигурации и его статусе
Исследования, техническое предложение	<p>Комплекс теоретических и (или) экспериментальных исследований, проводимых по единому исходному техническому документу: тактико-техническому (техническому) заданию в целях изыскания принципов и путей создания новых и совершенствования существующих образцов НВП, обоснования их тактико-технических характеристик, изучения новых свойств материи, естественных явлений (законов) природы, разработки методов (технических решений) для их применения:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка конструкторской и технологической документации РЭС. 2. Работы по изготовлению, проведению предварительных и приемочных испытаний образцов НВП. 3. Процессы доработки конструкторской документации на опытные образцы разрабатываемой НВП. 4. Макет, упрощенно воспроизводящий в определенном масштабе разрабатываемую НВП или ее составную часть, на котором исследуются отдельные характеристики НВП, а также оценивается правильность принятых технических и конструктивных решений. 5. Модель (математическая, физическая, информационная и др.), воспроизводящая или имитирующая заданные конкретные свойства разрабатываемого образца НВП или его составной части для проверки принципа действия образца НВП и определения его отдельных характеристик. 6. Экспериментальный образец НВП, изготавливаемый при выполнении НИР (СЧ НИР) или аванпроекта для проверки и обоснования основных технических решений, параметров и характеристик НВП (в том числе в реальных условиях эксплуатации), подлежащих включению в ТТЗ на выполнение ОКР 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Техническое предложение, ТТЗ (ТЗ) на НИР, ТЗ на составную часть (СЧ) НИР. 2. Сетевой план-график или другой планирующий документ на выполнение НИР и СЧ НИР. 3. План совместных работ на выполнение НИР, СЧ НИР. 4. Программа приемки этапов НИР. 5. Программа приемки НИР. 6. Отчетная научно-техническая информация о НИР и ОКР (научно-технический отчет о НИР, проект ТЗ на ОКР и др.). 7. Эскизная и проектная документация, рабочая конструкторская документация. 8. Директивная технологическая документация
Опытно-конструкторские работы, опытно-технологические работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Комплекс работ по разработке конструкторской и технологической документации на опытный образец РЭС, изготовлению и испытаниям опытного образца (опытной партии) НВП, выполняемых при создании (модернизации) НВ по тактико-техническому заданию государственного заказчика (заказчика). 2. Документированная информация и деятельность, направленная на обеспечение выпуска новых (модернизированных, модифицированных) РЭС требованиям ТЗ, конструкторской и технологической документации 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ТЗ на ОКР, СЧ ОКР. 2. Сетевой план-график или другой планирующий документ на выполнение ОКР и СЧ ОКР. 3. План совместных работ на выполнение НИР, СЧ НИР. 4. Программа приемки этапов НИР. 5. Программа приемки НИР. 6. Отчетная научно-техническая информация о НИР и ОКР (научно-технический отчет о НИР, проект ТЗ на ОКР и др.). 7. Эскизная и проектная документация, рабочая конструкторская документация. 8. Директивная технологическая документация

Окончание табл.

Стадия жизненного цикла	Объект конфигурации	Документированная информация об объекте конфигурации и его статусе
Производство (постановка на производство, единичное повторяющееся, серийное, массовое производство)	Работы, направленные на обеспечение выпуска новой (модернизированной, модифицированной) НВП, соответствующей требованиям ТЗ, конструкторской и технологической документации	Стандарты Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), технические условия (ТУ), другие документы по стандартизации, регламентирующие выполнение производственных процессов
Поставка	Работы, направленные на сохранение качества готовой НВП при ее поставке потребителям в заданные сроки	Технические условия (ТУ), другие документы на поставку НВП, оказание услуг по обслуживанию, настройке, монтажным работам
Эксплуатация (применение, хранение)	Работы, направленные на получение максимального полезного эффекта от использования НВП, на снятие с эксплуатации	Эксплуатационная документация (ЭД), документация, технические условия (ТУ), требования к эксплуатации (применению, хранению) РЭС эксплуатирующими организациями, порядок ввода в эксплуатацию, технический сервис, снятие с эксплуатации и порядок списания НВП при прекращении эксплуатации (применении, хранении) и др.
Ремонт	Деятельность по разработке ремонтной документации, включая: – порядок постановки на ремонт НВП, включающий подготовку и освоение ремонтного производства; – требования к ремонту НВП единичного повторяющегося, серийного и массового ремонтного производства; – испытания и приемку отремонтированных НВП; – порядок обеспечения выполнения требований ремонтной документации при ремонте и приемке НВП из ремонта; – требования по улучшению качества ремонта НВП; – снятие НВП с ремонтного производства; – другие работы, относящиеся к ремонту НВП	Ремонтная документация, порядок постановки на ремонтное производство НВП, включающий подготовку и освоение ремонтного производства, требования к ремонту НВП единичного повторяющегося, серийного и массового ремонтного производства, испытания и приемку установочной серии и отремонтированных НВП

Управление конфигурацией осуществляется постоянным контролем документированной информации, описывающей создаваемый образец НВП. В документации устанавливаются конкретные требования к создаваемому образцу на всех стадиях жизненного цикла, следуя стандартам Системы разработки и производства продукции (СРПП), Комплексной системы общих технических требований (КСОТТ), Комплексной системы контроля качества (КСКК). Документированная информация на создаваемый образец продукции включает конструкторскую, технологическую, программную, эксплуатационную, ремонтную и другую документацию (таблица).

Документирование и поддержание в рабочем состоянии процесса менеджмента конфигурации должно обеспечить в каждом из многократно выполняемых действий стабильность результатов и в итоге на выходе процесса – стабильное воспроизводимое качество создаваемой продукции.

Установление и распределение ответственности и полномочий между ответственным исполнителем (руководителем, владельцем процесса) и исполнителями отдельных видов деятельности по процессу должно учитывать сложность и характер НВП и структурированных объектов конфигурации. Влияющими факторами являются также стабильность процессов и изменяющиеся требований на различных

стадиях жизненного цикла НВП; а также потребности и интересы других заинтересованных сторон, вовлеченных в процесс внутри и вне организации.

Функции и полномочия ответственного исполнителя включают установление необходимости принятия и осуществления предложенного изменения и приемлемость его последствий, документирования и классификации изменения, оценки достаточности запланированных действий по внедрению изменения в документированную информацию, аппаратные средства и/или программное обеспечение.

Идентификация объекта конфигурации состоит в установлении данных о конфигурации – взаимосвязанных функциональных и физических характеристик НВП, а также требования к проектированию, реализации, верификации, эксплуатации и обслуживанию НВП. Последующее утверждение этих установленных данных о конфигурации для применения в качестве эталона на всех стадиях жизненного цикла НВП придает им статус базовой конфигурации на установленный временной интервал.

Установление и учет состояния (статуса) конфигурации осуществляется документированием данных о конфигурации, о статусе предложенных изменений и состоянии внедрения одобренных изменений в записях и отчетах по установленной форме.

Данные о конфигурации вместе с взаимосвязанными функциональными и физическими характеристиками НВП могут включать также требования по безопасности, экологичности, эргономичности, утилизации, требования к условиям обслуживания НВП при эксплуатации, экономические показатели, показатели эффективности производства, установленные в ТЗ и/или договоре (контракте) на разработку, производство, поставку и послепродажное обслуживание НВП.

Процесс менеджмента конфигурации должен быть интегрирован в систему процессов создания НВП. Он должен быть связан и скоординирован с другими процессами создания и применения НВП и своими результатами обеспечивать качество, эффективность применения и конкурентоспособность НВП.

Заключение

Представленные идентифицированные объекты конфигурации НВП являются основой процесса управления конфигурацией в системе менеджмента качества

организации. Дальнейшая реализация процесса требует разработки методов оценки соответствия объектов конфигурации установленным критериям, анализа рисков и возможностей, управления изменениями и других процедур процесса.

Реализация представляется возможной в двух вариантах. Один из них – разработка и внедрение процесса, регламентирующего управление объектами конфигурации на всех стадиях жизненного цикла создаваемой продукции. Особенность такого решения состоит в том, что для каждой стадии жизненного цикла в документированной информации, регламентирующей выполнение процесса, должны быть идентифицированы объекты для управления конфигурацией и установлены соответствующие критерии и методы управления.

В основе второго подхода – введение в процессы жизненного цикла всех требуемых действий по управлению конфигурацией в отношении соответствующих данному процессу объектов управления конфигурацией.

Актуальность разработки и внедрения процесса управления конфигурацией обусловлена как требованиями стандартов на системы менеджмента качества организаций, так и потребностью в развитии подходов к обеспечению результативности и эффективности проектирования и разработки наукоемкой высокотехнологичной продукции.

Список литературы

1. ГОСТ Р 56518-2015 Техника космическая. Требования к системам менеджмента качества организаций, участвующих в создании, производстве и эксплуатации. М.: Стандартинформ, 2015. 38 с.
2. ГОСТ Р ИСО 10007-2019 Менеджмент качества. Руководящие указания по менеджменту конфигурации. М.: Стандартинформ, 2019. 10 с.
3. ГОСТ Р 59193-2020 Управление конфигурацией. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2020. 14 с.
4. ГОСТ Р 58876-2020 Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности. Требования. М.: Стандартинформ, 2020. 38 с.
5. Животкевич И.Н., Сидорин В.В. ГОСТ РВ 0015-002-2020 – новый подход к разработке и совершенствованию системы менеджмента качества организации оборонно-промышленного комплекса // Вестник качества. 2021. № 3. С. 3–51.
6. Животкевич И.Н. Развитие систем менеджмента качества организаций – участников выполнения государственного оборонного заказа в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 0015-002-2020 // Вестник качества. 2021. № 6. С. 3–23.
7. Сидорин В.В. Управление конфигурацией в системах менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности // Вестник качества. 2021. № 6. С. 24–41.