

УДК 005.6:629.76/.78+620.179.1

А. В. ДЕГТЯРЕВ¹, А. Э. КАШАНОВ¹, В. П. МАЛАЙЧУК²¹ *Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля», Украина*² *Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, Украина*

СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Проведен анализ методологических основ информационных технологий неразрушающего контроля и технической диагностики ракетно-космической техники в процессах ее разработки и модернизации. Сформулированы прикладные научно-технические задачи совершенствования компьютерной обработки экспериментальных измерений и формирования визуально-аналитических данных для поддержки принятия решений о состоянии и качестве контролируемых объектов, решение которых связано с разработкой по всем направлениям менеджмента качества ракетно-космической техники взаимно связанных компьютерных информационно-аналитических подсистем обработки результатов неразрушающего контроля и технической диагностики.

Ключевые слова: менеджмент качества, ракетно-космическая продукция, неразрушающий контроль, техническая диагностика, информационно-измерительные технологии, вычислительные эксперименты.

Цель статьи

Показать возможности современных компьютерных информационных технологий в совершенствовании методологических основ неразрушающего контроля и технической диагностики ракетно-космической техники, подготовки данных для визуально-аналитического анализа и поддержки принятия решений о состоянии объектов менеджмента качества при их разработке и модернизации.

Методологические основы

Методология – это учение о формах и способах научного познания, о методах и средствах деятельности, в том числе в задачах неразрушающего контроля, технической диагностики, мониторинга, оценки качества и прогноза состояния ракетно-космической техники, как сложных технических объектов и технологических процессов. В ходе исследования проведен анализ методологических основ информационных технологий ракетно-космической техники на основании работ [1-12].

Возможности современных компьютерных информационных технологий позволяют значительно повысить информативность и число данных, по которым должны приниматься решения на основе обработки измерений контролируемых параметров, характеризующих состояние и качество объектов

контроля и их работоспособность. Из опыта проектирования технологий неразрушающего контроля можно сделать вывод, что процесс создания любой конкретной технологии – это научное исследование: у каждого объекта свои особенности, объекты хотя и похожи, но уникальные и неповторимые, и это должно учитываться при обработке измерений и подготовке решений.

Полагая, что нет ничего лучше для практики, чем хорошая теория, решение проблемы совершенствования методологических основ разработки информационно-измерительных систем неразрушающего контроля сложных технических систем и технологических процессов повышенной опасности является актуальной и востребованной задачей прикладных научных исследований. Теоретической базой её решения является математическое обеспечение системы менеджмента качества ракетно-космической продукции [13-14].

Разработка измерительно-информационных систем контроля начинается с изучения требований к объектам контроля и параметрам, характеризующим их состояние, качество и работоспособность. Выборки измерений должны анализироваться, оцениваться их параметры и строиться математические модели виртуальных объектов контроля. Они используются для поведения вычислительных экспериментов, факторного анализа и обоснования данных для принятия решений и оценки ожидаемой

эффективности. Современные компьютерные информационные технологии позволяют запоминать измерения, накапливать и многократно их обрабатывать. Существует реальная возможность создания адаптивных измерительно-информационных систем неразрушающего контроля, позволяющих решать задачи дефектоскопии, дефектометрии, технической диагностики, оценивать изменения состояния и качества контролируемых объектов и исследовать их работоспособность.

Решение этих задач связано с необходимостью учёта таких факторов как ограничения на объём измерений, отсутствие априорных знаний о статистических закономерностях измеряемых параметров и ошибок измерений. Объекты контроля – это, как правило, сложные системы и комплексы со случайными и нестационарными параметрами, одно и многопараметрические, линейно и пространственно распределенные, с неизвестными причинно-следственными связями, нечётко сформулированными критериями состояния и качества.

Несмотря на большое многообразие контролируемых объектов, производственных комплексов и систем, технологических процессов, на нечёткость и размытость априорных знаний об их состоянии и качестве, на большое многообразие методов контроля и измерительных средств, у них всех общая конечная цель контроля: путём компьютерной обработки многомерных выборок измерений подготовить визуально-аналитические данные для интеллектуального метода принятия решений. Среди всех возможных решений есть самое ожидаемое: объект в пределах нормы, но это должно подтверждаться прилагаемыми результатами контроля – визуально-аналитическими данными в виде графиков и таблиц количественных показателей.

Второе возможное решение на основе анализа визуально-аналитических данных – состояние и качество не соответствуют требованиям его нормальной работоспособности. Возникает необходимость исследования причинно-следственных связей, порождающих это несоответствие и их интерпретация путем проведения вычислительных экспериментов, дополнительных измерений для уточнения некоторых данных и их специальная обработка с учетом полученных ранее результатов контроля. На их основе должны приниматься диагностические решения и обосновываться предложения по нормализации состояния и качества контролируемых объектов и их дальнейшей разработки.

Среди известных методов неразрушающего контроля могут комплексно использоваться измерения ультразвуковые, тензометрические, фазометрические (оптико-интерференционные), электрические, электромагнитные, магнитометрические (ме-

тод магнитной памяти), теплотрические (температурные поля) и вибрационные. Несмотря на различную физическую природу этих измерений, они могут обрабатываться одними и теми же измерительно-информационными технологиями, дополняя друг друга и таким образом повышать эффективность неразрушающего контроля, технической диагностики, наблюдения и прогнозирования.

Рассмотрим классы объектов неразрушающего контроля и технической диагностики с точки зрения условий, существенно влияющих на процессы обработки измерений и подготовки данных для поддержки принятия решений об их состоянии, качестве и изменениях этих показателей в процессе разработки и экспериментальной отработки. Можно выделить три класса объектов. Это точечные объекты (первый класс); линейно-протяжённые (второй класс); пространственно-протяжённые (третий класс). У объектов первого класса измерения не зависят от координат нахождения измерителей: материальный объект рассматривается как точка, обладающая всеми физическими свойствами объекта. У объектов второго класса каждое измерение относится к той точке, в которой измеряется контролируемый параметр, так что каждое измерение характеризуется своим числом – координатой точки измерений. У объектов третьего класса измерения характеризуются двумя числами – координатами точки измерения в пространстве.

Объекты всех трёх классов могут быть однопараметрическими и многопараметрическими. Параметры, как правило, различаются своей физической природой. Они могут быть статистически связанными или независимыми. Статистические связи являются признаком наличия одной причины, появление которой вызывает изменения всех или части измеряемых параметров, так что объекты могут быть однопричинными и многопричинными с постоянными или, чаще всего, случайными параметрами, измерения которых содержат информацию о их состоянии.

Параметры контролируемых объектов могут быть по техническим причинам или из-за влияния внешней среды стационарными или нестационарными. Нестационарность может описываться детерминированными или стохастическими функциями, зависящими от пространства и времени.

Объекты измерений могут быть естественными, например, окружающая среда и ее элементы (воздух, вода, температура, давление) или искусственными как результат деятельности человека. Это материалы, различные изделия и их детали, блоки, узлы, механизмы и машины, будущие объекты производства, находящиеся в разработке или проходящие испытания. Их качество и состояние, изменение

параметров, причины и прогноз – предмет исследования в задачах неразрушающего контроля и технической диагностики.

Исследование состоит из нескольких этапов. Первый из них – подготовка априорных знаний об объектах, в частности о параметрах, характеризующих их работоспособность, методах контроля, о возможностях измерительной аппаратуры, об ожидаемых изменениях параметров, о критериях оценки качества и состояния, об аналогах измерительных методик и технологий неразрушающего контроля, ожидаемых причинно-следственных связях между измеряемыми параметрами и причинами их изменений. Здесь даже нечёткие суждения и выводы специалистов могут быть информативными и должны быть зафиксированы как априорные лингвистические знания и описательные модели.

Второй этап – измерительный. Это прямые и косвенные измерения в лабораториях, при заводских испытаниях, или на объектах, находящихся в эксплуатации. Это также субъективные оценки специалистов о состоянии и качестве контролируемых объектов. Измерения должны обрабатываться, анализироваться их статистические закономерности и формироваться математические модели объектов контроля, на основе которых могут быть подготовлены теоретические визуально-аналитические данные для понимания причинно-следственных связей между состоянием объектов и результатами измерений параметров контроля и оцениваться их информативность.

По результатам второго на третьем этапе должны быть разработаны компьютерные информационно-измерительные технологии исследования путем проведения вычислительных экспериментов и факторного анализа влияния на будущие оценки состояния и качества контролируемых объектов различного рода случайностей, неопределённостей априорной информации, ограничений на объём измерений, различий в информативности измеряемых параметров и их корреляционных связей. На основе этих исследований может быть получено предварительное представление об ожидаемой информативности параметров и эффективности будущих информационных технологий неразрушающего контроля реальных объектов и технологических процессов и возможностей их совершенствования по мере накопления данных о контроле реальных объектов.

Адаптивность технологии неразрушающего контроля технологических процессов и сложных технических систем повышенной опасности – обязательное требование. Решение этой задачи связано с разработкой для проектируемых технологий математических моделей виртуальных объектов контро-

ля. На их основе должны формироваться более совершенные алгоритмы обработки реальных измерений и подготовка данных для поддержки принятия решений.

Контролируемые объекты – это источники сигналов различной физической и химической природы, которые могут быть измерены. Их можно разделить на две группы: 1) естественные, порожденные объектами без участия человека (ярким примером может служить источник вибрации); 2) искусственные, порожденные путём тех или иных воздействий на объекты контроля и измеряемые как реакции объектов на эти воздействия, например, на ультразвук или электрический ток. Первые – неуправляемые, вторыми можно управлять (частота, мощность, точки возбуждения), изменять методы контроля, экспериментировать.

Информация о состоянии контролируемых изделий содержится в измерениях. Как правило, это одномерные и многомерные выборки измерений, искажённые помехами. Поэтому одной из первых задач обработки измерений является их фильтрация. Теория фильтрации хорошо разработана для восстановления сигналов, модели которых известны. Если свойства сигналов неизвестны или изменяются, то должны использоваться адаптивные фильтры. В задачах неразрушающего контроля чаще всего измерения запоминаются и обрабатываются цифровыми адаптивными фильтрами с целью выделения тех составляющих выборки измерений, которые содержат информацию о состоянии и качестве объектов контроля или их изменениях. Уникальность объектов контроля порождает уникальность измерений и требует каждый раз разработки и обоснования специальных алгоритмов фильтрации.

Как известно, главное в обеспечении безопасности жизни объектов живой природы – это их способность обнаруживать те или иные изменения и оценивать адекватность реагирования на них. Это один из главных законов жизнедеятельности людей. Он же распространяется на неразрушающий контроль работоспособности технических систем, их состояния и качества ракетно-космической техники. Теоретическое обеспечение этой потребности – создание учёными статистической теории распознавания. Её основные положения используются для решения основных задач неразрушающего контроля – обнаружение дефектов и изменений качества контролируемых объектов и технологических процессов, при этом предполагается знание статистических закономерностей измерений бездефектных и дефектных объектов контроля или, по крайней мере, экспериментальные эталонные измерения тех и других. На базе знаний теории распознавания разработаны теоретические основы математической де-

фектоскопии и обнаружения скачкообразных изменений параметров в задачах наблюдения. Для решения задач многопараметрической дефектоскопии на основе эталонных экспериментальных данных используются методы группового учёта аргументов и энтропийных преобразований измерений [15].

В статистической теории исследования законов распределения вероятностей случайных величин и оценок их параметров по экспериментальным данным широко используются показатели, косвенно характеризующие их статистическую адекватность. При этом предполагается, что выборки измерений однородные, параметры постоянные, измерения случайные и независимые и у них один и тот же закон распределения вероятностей. В задачах неразрушающего контроля используются методы проверки гипотез о равенстве двух средних и двух выборочных дисперсий, вычисленных по двум выборкам нормальных распределений, по двум выборкам экспоненциальных распределений и по двум выборкам биномиальных распределений. Их можно использовать в задачах неразрушающего контроля эталонной дефектоскопии, если статистические закономерности известны.

Если законы распределения вероятностей измерений неизвестны, то для исследования однородности выборок статистическая теория оценивания предлагает свободные от распределений (непараметрические) критерии сравнения параметров сдвига, параметров масштаба и их комбинаций. Единственное требование к сравниваемым измерениям – они должны быть независимыми. Это критерии Манна-Уитни-Вилкоксона, Ван-дер-Вардена, Клотца, комбинированный критерий Буша-Винда и др. Их тоже можно использовать в задачах эталонной и безэталонной дефектоскопии.

При разработке измерительно-информационных технологий неразрушающего контроля по выборкам эталонных измерений только на основе теоретических знаний математической статистики возникают трудности оценки эффективности принятия дефектоскопических решений, которые оцениваются двумя показателями. Это две условные вероятности принятия ошибочных решений первого и второго рода: при бездефектном и дефектном состоянии контролируемых объектов принимаются противоположные решения. Статистическая теория оценки по экспериментальным данным равенства параметров законов распределения и однородностей двух выборок измерений построена на ограничении значения только одной из условных вероятностей принятия ошибочных решений, чаще всего ошибки первого рода (принятия нормы за брак). Вероятность второй ошибки неизвестна. Этот недостаток метода распознавания должен учитываться при обосновании

правил принятия решений в задачах неразрушающего контроля по экспериментальным данным и проводится путем решения обратной задачи Неймана-Пирсона и исследования статистических закономерностей критериев, которые сами становятся случайными величинами.

Оценки причинно-следственных связей в диагностических задачах неразрушающего контроля могут быть получены путём использования факторного, корреляционного и регрессионного анализов как методов исследования статистических зависимостей между случайными величинами по экспериментальным измерениям. Оценки изменений статистических зависимостей косвенно характеризуют изменения причинно-следственных связей и содержат диагностическую информацию об изменениях состояния и качества объектов контроля. Эффективность применения этих методов статистического анализа в задачах неразрушающего контроля почти не исследована. Теоретические оценки не учитывают наличие ошибок измерений и их влияние на эффективность методов неизвестна.

Информация об изменениях состояния и качества контролируемых путем наблюдения или путем измерения линейно и пространственно распределенных объектов содержится в низкочастотных и высокочастотных случайных составляющих измеряемых сигналов. Задачи их разделения и оценки связаны с возможностями автокорреляционного, спектрального и нелинейного регрессионного анализов экспериментальных выборок измерений, искажённых измерительными помехами. Их возможности и оценки при решении задач неразрушающего контроля и технической диагностики не исследованы, как не исследована эффективность их применения для обработки измерений.

Научно-прикладные методы регрессионного анализа в задачах неразрушающего контроля связаны с оценками прогноза состояния сложных технических систем и ресурса их эксплуатации. Математическая статистика предлагает множество методов линейной и нелинейной регрессии, однако сравнительный анализ и оценка применения их в задачах неразрушающего контроля не проведена.

При проектировании измерительно-информационных технологий особенное место занимают математико-статистические методы проведения вычислительных экспериментов. В настоящее время это самый эффективный способ преодоления априорной неопределённости знаний об объектах контроля, ограничений на объём экспериментальных данных и реальная возможность использования нечётких оценок и описательных моделей процессов функционирования контролируемых объектов и технологических процессов.

Проведённый анализ методологических основ информационных технологий неразрушающего контроля и технической диагностики объектов повышенной опасности путём измерения параметров, характеризующих состояние, качество и методы их обработки, позволяет сформулировать ряд прикладных научно-технических задач по следующим главным направлениям совершенствования математического обеспечения неразрушающего контроля.

Дефектоскопия точечных объектов неразрушающего контроля по экспериментальным измерениям

Это задача совершенствования методов формирования по экспериментальным выборкам измерений правил принятия решений контроля в задачах: а) многопараметрической эталонной дефектоскопии; б) многопараметрической безэталонной дефектоскопии; в) технической диагностики.

Должна быть проведена сравнительная оценка методов формирования по экспериментальным выборкам измерений правил принятия решений в различных задачах контроля, мониторинга и прогноза, технической диагностики. При этом должны учитываться неопределённость априорной информации и ограничения на объём измерений, в том числе объектов со случайными параметрами; должны учитываться корреляционные связи между параметрами и между измерениями, искажение их помехами и неопределённость выбора критериев состояния и качества оптимальности принимаемых решений контроля. При малых объёмах эталонных измерений неопределённость должна устраняться путём проектирования адаптивных измерительно-информационных технологий.

Неразрушающий контроль качества и состояния протяженных объектов

Контроль линейно и пространственно протяженных объектов имеет своей целью обнаружение участков, в пределах которых качество материала не соответствует требованиям нормы или имеет место нарушение его цельности. Такие участки называются или аномальными или дефектными. Информация о качестве материалов содержится в автокоррелированных функциях измерений. Трудности решения этих задач связаны с искажениями измерений помехами различного вида и, как правило, отсутствием эталонных измерений на аномальных и дефектных участках, а также нестационарности параметров качества по длине объекта контроля. Должны быть разработаны новые методы фильтрации измерений в

условиях их нестационарности и незнания статистических закономерностей, наличия модулирующих (контактных) помех. Фильтрация должна быть адаптивной, а задачи обнаружения дополнены задачами дефектометрии и формирования данных для визуально-аналитического анализа результатов контроля и принятия по ним решений.

Интерферометрический неразрушающий контроль пространственно протяженных объектов

Интерферометрия – способ высокоточного измерения изменений размеров пространственно протяженных объектов контроля при воздействии на них внешних сил и изменений их внутренних напряжений. Это бесконтактный высокоточный метод поверхностной тензометрии. Используя современные цифровые фазометры (приборы с зарядовой связью – ПЗС) и память компьютера, можно запоминать матрицы измерений, содержащие данные о распределении фаз сигналов, отраженных от поверхности контролируемых объектов при различных значениях сил внешнего воздействия или внутренних напряжений. Сравнивая матрицы фаз между собой, можно формировать матрицы изменения фаз и перемещений точек по поверхности, содержащие данные о деформациях и напряжениях состояния контролируемых объектов, по которым можно прогнозировать их прочностные показатели. Матрицы изменения фаз называются интерферограммами, а процесс обработки специальными компьютерными программами – это их расшифровка, как задача распознавания образов: 1) обнаружение аномальных (дефектных) участков, в пределах которых полностью разрушены фазометрические закономерности; 2) обнаружение измеряемых изменений перемещения точек на различных участках контролируемых поверхностей и прогноз их влияния на показатели, характеризующие качество объектов контроля.

Комплексное использование интерферометрического и тензометрического методов измерения позволяет существенно повысить информативность и эффективность контроля пространственно-распределенных объектов ракетно-космической техники.

Неразрушающий контроль в процессах разработки, модернизации и совершенствования сложных технических систем

Задачи этого направления контроля имеют свои особенности:

1) при новых разработках существенно увеличивается роль априорных данных и экспериментальных измерений для формирования адекватных математических моделей будущих объектов;

2) при модернизации многопараметрических объектов должны контролироваться причинно-следственные связи между всеми параметрами, характеризующими состояние и качество модернизируемого объекта;

3) при совершенствовании технических объектов может иметь место событие или результаты, которые описываются терминологией нечеткой логики «лучшее враг хорошего», поэтому неразрушающий контроль в этих задачах должен начинаться с обоснования критериев совершенствования и разработки методов их оценивания.

Вычислительные эксперименты в задачах неразрушающего контроля при технической диагностике

Предвиденье – основа эффективного управления любыми процессами в условиях недостатка априорных знаний, которых в задачах неразрушающего контроля и технической диагностики как раз и не хватает. Априорные знания – это, как правило, опыт профессионалов, результаты их исследования и факторного анализа тех или иных реальных процессов или специальных физических экспериментов. Теоретические знания о контролируемых объектах, дополненные лабораторными экспериментальными данными, позволяют создавать математические модели процессов неразрушающего контроля и технической диагностики. На их основе должно быть разработано алгоритмическое обеспечение и компьютерные программы для проведения вычислительных экспериментов и факторного анализа виртуальных объектов неразрушающего контроля, по результатам которых можно исследовать информативность визуально-аналитических данных для поддержки принятия диагностических решений и таким образом оценивать эффективность проектируемых измерительно-информационных технологий неразрушающего контроля, технической диагностики, наблюдения и прогноза. Только путем проведения вычислительных экспериментов можно оценить влияние тех или иных факторов на изменения показателей работоспособности будущих объектов контроля, изучить их статистические причинно-следственные связи, определить признаки изменения критериев качества, дефектности, появления микро и макроаномальных участков, дефектов и изменений на напряженно-деформируемых участках.

Формирование базы данных о результатах неразрушающего контроля и технической диагностики

Профессиональные знания существенно отличаются от теоретических, так как включают в себя умение и опыт в области той или иной деятельности. База данных неразрушающего контроля и технической диагностики – это не просто хранение в памяти компьютера результатов обработки измерений. Они должны быть дополнены умственными, исходящими от разума и опыта, профессиональными выводами и комментариями. По ним будет формироваться априорная информация для разработки адаптивных информационно-аналитических подсистем всех направлений менеджмента качества ракетно-космической техники. Задача менеджмента – это управление процессами ее проектирования, разработки конструкторской документации, экспериментальной отработки, оценки характеристик и показателей работоспособности и состояния объектов контроля. Информационно-аналитические подсистемы как исполнительные органы менеджмента качества – это адаптивная система алгоритмов и компьютерных программ с визуально-аналитическим представлением результатов контроля для анализа и принятия решения на различных уровнях управления менеджментом.

Общие выводы

1. Современные компьютерные информационные технологии обработки экспериментальных измерений позволяют повысить информативность неразрушающего контроля и технической диагностики и эффективность менеджмента качества при разработке, совершенствовании и модернизации ракетно-космической продукции.

2. Решение этой задачи связано с разработкой по всем направлениям менеджмента качества ракетно-космической техники взаимно связанных компьютерных информационно-аналитических подсистем обработки результатов неразрушающего контроля и технической диагностики, формирования визуально-аналитических данных для интеллектуального анализа и поддержки принятия решений о состоянии и качестве объектов менеджмента.

3. Адаптивность информационно-аналитических подсистем, формирование базы данных о результатах контроля, математическое моделирование и проведение вычислительных экспериментов являются основными методами преодоления трудностей, связанных с недостатком априорных знаний о

контролируемых объектах и ограничениях на объем экспериментальных измерений.

Литература

1. Испытания и эксплуатация авиационной, ракетно-космической техники и транспортного радиооборудования [Текст] : учебное пособие / С. А. Попов, Н. М. Тихомиров, А. В. Леньшин, В. В. Беспалов ; под ред. Г. В. Зиброва. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2012. – 218 с.

2. Дуда, Р. Распознавание образцов, и анализ сцен [Текст] / Р. Дуда, П. Харп, перевод с англ. Г. Г. Вайнштейна, А. М. Васьяковско. – М. : Издательство «Мир», 1975. – 511 с.

3. Balas, G. Training guidelines in non-destructive testing techniques: manual for visual testing [Text] / G. Balas, P. Grosser, J. Thompson // Training course series №54, International atomic energy agency. – Vienna, 2013. – 226 p.

4. Einav, I Non-destructive testing for plant. life assesmenst [Text] / I. Einav, U. Ewert, R. Shipp // Training course series №26, International atomic energy agency. – Vienna, 2005. – 68 p.

5. Закс, Ш. Теория статистических выводов [Текст] / Ш. Закс. – М. : Мир, 1975. – 775 с.

6. Eldridge, A. M. Improved State Estimation for Miniature Air Vehicles [Electronic resource] / A. M. Eldridge // Brigham Young University. All Theses and Dissertations. – USA, 2006. – 947 p. – Access mode: <http://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1946&context=etd>. – 7.10.2015.

7. Ларіонова, О. О. Голографічні технології в авіаційно-космічній техніці [Текст] : навч. посібн. / О. О. Ларіонова, В. Ф. Рожковський, Ю. В. Сохач. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2003. – 266 с.

8. Евланов, Л.Г. Системы со случайными параметрами [Текст] / Л.Г. Евланов, В.М. Констан-

тинов. – М. : Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической лит., 1976. – 568 с.

9. Tewari, A. Automatic Control of Atmospheric and Space Flight Vehicles [Text] / A. Tewari // Department of Aerospace Engineering. – USA, New York, 2011. – 268 p.

10. Михалев, А. И. Структурный анализ систем управления проектами [Текст] / А. И. Михалев, А. П. Алташов, И. В. Баклан. – Днепропетровск : Системные технологии, 2013. – 144 с.

11. Quality management systems – Requirements : ISO 9001:2015 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en>. – 7.10.2015.

12. Гермейер, Ю. Б. Введение в теорию исследования операций. Серия: «Оптимизация и исследование операций» [Текст] / Ю. Б. Гермейер. – Москва, 1971. – 384 с.

13. Бондарь, М. А. Математическое обеспечение системы менеджмента качества ракетно-космической продукции [Текст] / М. А. Бондарь, А. Э. Каианов, В. П. Малайчук // Авиационно-космическая техника и технология. – 2015. – № 3 (120). – С. 94-101.

14. Менеджмент качества при выполнении ГП «КБ «Южное» проектов в космической области [Текст] / М. А. Бондарь, А. Э. Каианов, А. А. Колоколов, Л. Н. Лахно, А. Л. Макаров, О. Д. Морозов, В. Д. Потий, Ю. А. Шовкопляс // Космическая техника. Ракетное вооружение. – Днепропетровск, 2013. – Вып 1 (103). – С. 86-92.

15. Малайчук, В. П. Математическая дефектоскопия [Текст] : моногр. / В. П. Малайчук, А. В. Мозговой. – Днепропетровск : Системные технологи, 2005. – 180 с.

Поступила в редакцию 7.10.2015, рассмотрена на редколлегии 14.10.2015

СТАН ТА ЗАВДАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЧНИХ ОСНОВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

О. В. Дегтярев, О. Е. Каианов, В. П. Малайчук

Проведено аналіз методологічних основ інформаційних технологій неруйнівного контролю та технічної діагностики ракетно-космічної техніки в процесах її розробки і модернізації. Сформульовано прикладні науково-технічні задачі вдосконалення комп'ютерної обробки експериментальних вимірювань та формування візуально-аналітичних даних для підтримки прийняття рішень про стан та якість контрольованих об'єктів, вирішення яких пов'язане з розробкою в усіх напрямках менеджменту якості ракетно-космічної техніки взаємно пов'язаних комп'ютерних інформаційно-аналітичних підсистем обробки результатів неруйнівного контролю та технічної діагностики.

Ключові слова: менеджмент якості, ракетно-космічна продукція, неруйнівний контроль, технічна діагностика, інформаційно-вимірювальні технології, обчислювальні експерименти.

**CURRENT STATUS AND TASKS FOR SPACE ROCKETRY PRODUCTS NDT
AND TECHNICAL DIAGNOSTICS UPGRADE***A. V. Degtyarev, A. E. Kashanov, V. P. Malaychuk*

Analysis of information technology methodological basis was performed for space rocketry products non-destructive testing and technical diagnostic during their development and modernization. Applied scientific-technical tasks were defined for test measurements and formation of visual-analytic data to support decision taking regarding test objects condition and quality computer processing upgrade. Solution of the above tasks is associated with development of inter-linked analysis information computer subsystems for processing NDT and technical diagnostics results in all areas of space rocketry products quality management.

Key words: quality management, space-rocketry, non-destructive testing, technical diagnostic, information-measuring technologies, computational experiment.

Дегтярев Александр Викторович – Генеральный конструктор – Генеральный директор, Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.

Кашанов Александр Эрикович – канд. техн. наук, заместитель Генерального конструктора по научной и учебной работе, Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.

Малайчук Валентин Павлович – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой радиоэлектронной автоматики физико-технического факультета, Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, Днепропетровск, Украина, e-mail: rea.ftf@dnu.dp.ua.