

УДК 005.6:629.76/.78+519,7

М. А. БОНДАРЬ¹, А. Э. КАШАНОВ¹, В. П. МАЛАЙЧУК²¹ Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля», Украина² Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, Украина**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

Рассмотрена система менеджмента качества, как система управления состоянием и качеством продукции на протяжении всех шести основных процессов создания, совершенствования и модернизации ракетно-космических комплексов. Показано, что конечный продукт менеджмента измеряемых объектов – это решения о состоянии и качестве проектируемой техники, но измерения параметров, как правило, искажены помехами различного происхождения. Авторы, располагая специальной компьютерной программой метода обработки выборок многопараметрических измерений, могут решать задачи дефектоскопии и обнаружения изменения параметров, состояния и качества точечных объектов контроля по экспериментальным данным и анализировать их причинно-следственные связи.

Ключевые слова: система менеджмента качества, ракетно-космическая продукция, пространственно-распределенные объекты, интерференционные измерения, математические модели.

Цель статьи

Обобщить посредством математических моделей интегральные требования к показателям качества ракетно-космической продукции, которые формируются и уточняются в процессе проектирования, а также определяются методами измерений состояния пространственно-распределенных объектов в процессах разработки конструкторской и эксплуатационной документации.

Информационно-аналитический анализ менеджмента качества

В КБ «Южное» функционирует система менеджмента качества [1]. Это управление состоянием и качеством шести основных процессов создания, совершенствования и модернизации ракетно-космических комплексов: проектирование, разработка конструкторской и эксплуатационной документации, проведение экспериментальной отработки, определение характеристик ракетно-космической техники и мониторинг ее состояния. Эффективность управления этими процессами зависит от методов и средств оценки состояния, измерения, математического обеспечения, их обработки и формирования визуально-аналитических данных для поддержки принятия решений на различных уровнях менеджмента качества продукции.

Создание ракетно-космических комплексов – это последовательность взаимно связанных процессов, за результаты и качество продукции которых отвечают не только их руководители, но и внутрен-

ние потребители (руководители последующих процессов). Математическое обеспечение менеджмента качества тех и других является основой объективности сравнения результатов обработки измерений, достоверности и согласованности данных для принятия решений.

Информация о состоянии и качестве ракетно-космической продукции на всех этапах ее создания, совершенствования и модернизации, начиная с проектирования, разработки документации, лабораторных исследований материалов, узлов, агрегатов, механизмов и заканчивая испытаниями всех видов, содержится в оценках экспертов и в выборках измерений. Несмотря на большое многообразие контролируемой ракетно-космической продукции, ее можно разделить на четыре класса. Первый – это неизмеряемая, а оцениваемая экспертами продукция (в основном проекты и документация). Второй класс – это объекты, измерения которых не связаны с размерами объектов контроля и не зависят от точек (координат) приложения чувствительных элементов измерителей и содержат информацию об объекте в целом. Такие объекты контроля называются точечными.

Третий и четвертый классы – это линейно и пространственно протяженные объекты. Их измерения являются функциями координат точек приложения измерителей и содержат информацию о состоянии и качестве объекта в окрестности каждой точки. Измерения в этих точках статистически зависимые (коррелированные) выборки и матрицы измерений, содержащие информацию о параметрах

состояния и структурных неоднородностях материалов контролируемых объектов.

Зависимости всех шести процессов создания, совершенствования и модернизации ракетно-космической продукции порождают систему связей между их измерительно-информационными технологиями формирования данных для поддержки принятия решений о ее состоянии и качестве. Следовательно, система менеджмента качества относится к классу информационно-аналитических систем и должна базироваться на единстве требований к математическому обеспечению управления всех процессов с их обратными связями и зависимостями. Функциональная схема информационно-аналитической системы менеджмента качества представлена на рисунке 1.

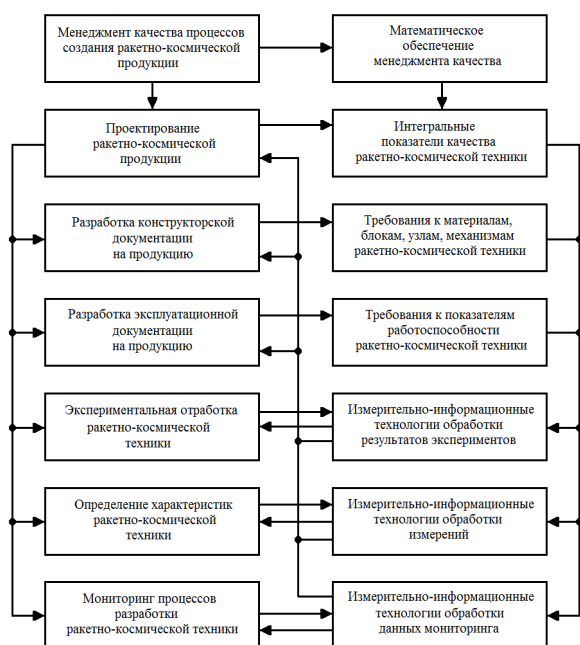


Рис. 1. Схема системы менеджмента качества ракетно-космической продукции

Из анализа схемы следует, что обобщенные (интегральные) требования к показателям качества ракетно-космической продукции формируются и уточняются в процессе проектирования, а требования к показателям качества ракетно-космической техники – в процессах разработки конструкторской и эксплуатационной документации. На их основе разрабатываются измерительно-информационные технологии обеспечения экспериментальной отработки, определения характеристик проектируемых агрегатов, узлов, механизмов, изделий, материалов, мониторинга технологических процессов, а также проведения вычислительных экспериментов на программно реализуемых математических моделях функционирования проектируемой техники.

Показатели параметров или признаков, которые характеризуют состояние и качество ракетно-космической продукции, могут быть измеряемые (количественные, случайные) или неизменяемые (качественные, нечеткие). Нечеткости описывают отсутствие различимости свойств исследуемых объектов или состояний процессов, а случайности описывают неопределенности этих свойств в измерениях. Неизменяемые показатели – это экспертные нечеткие оценки, или сравнения специалистов (хорошо, плохо; более, менее; высокая, средняя, низкая и т.д.). Каждое свойство неизменяемых объектов менеджмента изучается специалистами (экспертами) и описывается словами, содержащими информацию о степени выраженности этого свойства в объектах данного класса, типа или вида. В измеряемых объектах информация о выраженности того или иного свойства содержится в выборках измерений. И те, и другие должны математически обрабатываться, чтобы формировать данные для принятия решений об их состоянии и качестве или изменений состояния и качества. Основы обработки нечетких оценок содержатся в теории нечетких множеств или нечеткой логики [2]. Обработка количественных измерений обеспечивается теорией вероятности и математической статистики и теорией статистических выводов [3, 4].

Математическое обеспечение обработки количественных измерений объектов менеджмента

Конечный продукт менеджмента измеряемых объектов – это решения о состоянии и качестве проектируемой техники. Визуально-аналитические данные для поддержки принятия решений готовятся информационно-аналитической подсистемой менеджмента. Эти данные должны представляться в виде удобном для визуального рассмотрения и анализа на экранах персональных компьютеров (краткие описания, графики, схемы, таблицы, рисунки, видеозаписи, объемные изображения).

Кроме наглядности данных, очень важное значение имеет их верность и точность. Если заданы требования к физико-техническим показателям проектируемых объектов в виде интервалов «от и до», то верность характеризуется вероятностью того, что оценки, как случайные величины этих показателей, рассчитанные по экспериментальным измерениям, находятся в пределах этого интервала, а точность зависит от приборных ошибок измерителей и размеров выборок измерений.

Измерения параметров, как правило, искажены помехами различного происхождения. Это случайные изменения контакта чувствительных эле-

ментов измерителей с поверхностью объекта контроля, это их электронные шумы и ошибки аналого-цифровых преобразователей. Выборки измерений запоминаются и затем обрабатываются специальными компьютерными программами. Это выборки дискретных случайных величин с неизвестными статистическими закономерностями. Обобщенная математическая модель выборки измерений $x_i(k)$ i -го параметра контролируемого объекта записывается в виде

$$x_i(k) = m_i(k)[S_{0i}(k) + \Delta S_i(k)] + n_i(k). \quad (1)$$

Здесь k – номер измерения точечных объектов или номер координат линейно-протяженных и пространственно-протяженных объектов; $m_i(k)$ – модулирующая (контактная) помеха; $n_i(k)$ – электронный шум приборов; $S_{0i}(k)$ – неизвестное значение измеряемого параметра, $\Delta S_i(k)$ – его корреляционная составляющая.

При контроле многопараметрических и пространственно-распределенных объектов это модель строки матрицы измерений, i – номер строки. Обработка таких выборок измерений имеет своей целью оценку двух информативных параметров $S_0(k)$ и $\Delta S(k)$. На первом этапе обработки измерений решается задача их анализа. Выборки измерений могут быть стационарными ($S_0(k) = S_0$) или нестационарными ($S_i(k) \neq S_0$). В последнем случае формируются модель нестационарности $S_0^*(k)$ и автокорреляционная составляющая $\Delta S^*(k)$, содержащие информацию о состоянии и качестве исследуемых объектов или их изменений.

Решение этих задач связано с необходимостью уменьшения влияния помех путем адаптивной фильтрации измерений в условиях полной априорной неопределенности оцениваемых параметров S_{0i} , $S_{0i}(k)$, $\Delta S_i(k)$. Дальнейшая обработка измерений зависит от класса контролируемых объектов и этапов их проектирования.

Точечные объекты, как правило, многопараметрические, а выборки измерений параметров S_{0i} или независимые, или взаимно коррелированные как следствие их причинно-следственных связей. Коррелированность выборок измерений информативных параметров является свидетельством зависимости состояния объекта контроля от одной или нескольких причин. Располагая корреляционной матрицей параметров, представляется возможным анализировать причинно-следственные связи и принимать диагностические решения.

Измерения точечных многопараметрических

объектов, как случайные величины, описываются многомерными, но неизвестными законами распределения вероятностей, так что их теоретический анализ невозможен. Все надежды на экспериментальные измерения и вычислительные эксперименты. Для точечных объектов их можно рассматривать как матрицы, у которых строки – это выборки измерений неизвестных параметров. Наиболее информативными их характеристиками, отличающие один закон от другого, являются математические ожидания, дисперсии и коэффициенты корреляции. Как известно, логарифмы произведений функций изменяют только масштабы, но сохраняют информативность, а произведения их преобразуются в суммы. Например, трехмерный закон распределения и его логарифм можно представить в виде

$$\begin{aligned} W(x_1 x_2 x_3) &= W(x_1)W(x_2 x_3) = \\ &= W(x_2)W(x_1 x_3) = W(x_3)W(x_1 x_2), \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} L(x_1 x_2 x_3) &= L(x_1) + L(x_2 x_3) = \\ &= L(x_2) + L(x_1 x_3) = L(x_3) + L(x_1 x_2). \end{aligned} \quad (3)$$

По экспериментальным оценкам математических ожиданий, дисперсий и коэффициентов корреляции можно формировать модели одномерных и двумерных логарифмических преобразований и, таким образом, почти без потерь информации многомерные выборки преобразовывать в одномерные, а многокритериальный анализ заменять однокритериальным, используя математические теории статистического анализа и статистических выводов. Это аналог метода группового учета аргументов А. Г. Ивахненко представления сложных функциональных моделей несколькими вариантами сумм более простых (одномерных и двумерных) [5]. Располагая специальной компьютерной программой этого метода обработки выборок многопараметрических измерений, можно решать задачи дефектоскопии и обнаружения изменения параметров, состояния и качества точечных объектов контроля по экспериментальным данным и анализировать их причинно-следственные связи.

Математическое обеспечение обработки измерений линейно-протяженных объектов рассмотрим на примере импульсного ультразвукового исследования изделий из металлов (трубы, сварные соединения). Ультразвуковой метод занимает первое место среди всех методов неразрушающего контроля. Информация о состоянии и качестве исследуемых объектов содержится в выборках измерений двух сигналов. Первые формируются структурными неоднородностями металла, в том числе аномальными участками и дефектными включениями, вторые – это отражения ультразвуковых колебаний от метал-

лической противоположной поверхности. Эти два канала измерений называют дефектный и донный. Как правило, измеряются их максимальные значения $x_1(k)$ и $x_2(k)$. Последовательности этих измерений $x(k-i)$, ..., $x(k-3)$, $x(k-2)$, $x(k-1)$, $x(k)$ зависят друг от друга и эта зависимость тем больше, чем ближе одно измерение к другому. Эта автокорреляционная связь описывается разностными уравнениями случайных составляющих информативного сигнала, например,

$$\Delta S(k) = \alpha_1 \Delta S(k-1) - \alpha_2 \Delta S(k-2) + \beta \xi(k), \quad (4)$$

здесь $\xi(k)$ – математическое описание структурных неоднородностей металла, формирующих сигнал $\Delta S(k)$. Коэффициенты α_1 и α_2 характеризуют его автокорреляционные свойства и изменяются на аномальных участках исследуемого металла. Выборки измерений описываются разностным уравнением

$$x(k) = m(k)[S_0(k) + \alpha_1 \Delta S(k-1) - \alpha_2 \Delta S(k-2) + \beta \xi(k)] + n(k), \quad (5)$$

где информативные параметры $S_0(k)$, α_1 и α_2 , $m(k)$ – контактная (модулирующая) помеха, $n(k)$ – измерительный шум. Нестационарность $S_0(k)$ свидетельствует об изменении структуры металла по длине объекта исследований, коэффициенты α_1 и α_2 – о состоянии структурных неоднородностей металла. На дефектных участках ожидается скачкообразное изменение $S_0(k)$, порождающие изменение $x(k)$. Путем обнаружения таких участков решается задача дефектоскопии. К математическому обеспечению обработки измерений линейно-протяженных объектов добавляется теория случайных процессов.

Результаты экспериментальных исследований пространственно-распределенных объектов представляют собой матрицу измерений $x(i, j)$ в точке с координатами (i, j) , где i – номер строки, а j – номер столбца матрицы. Это измерения следующих методов неразрушающего контроля: интерференционный (голография, спекл-интерферометрия, шירו-

графия), тепловой, тензометрический, ультразвуковой, магнитометрический. Матрицы измерений содержат информацию об аномальных участках, напряженно-деформированном состоянии материала, дефектах и изменениях их свойств.

Методы измерений состояния пространственно-распределенных объектов можно разделить на три класса. К первому классу относятся бесконтактные дистанционные измерения с помощью фото и видеокамер, измерители которых это высокоразрешающие ПЗС-матрицы (ПЗС – прибор с зарядовой связью). Измерения объекта проводятся одновременно и охватывают всю контролируемую поверхность и применимы в местах, недоступных для контактных измерителей. Проведение измерений можно представить в виде схемы (рис. 2).

К этому классу относятся интерференционный и тепловой методы контроля. Результаты интерференционных измерений представляются в виде интерферограмм. Это черно-белые изображения объектов исследований, на которое наложены интерференционные полосы – плавные изменения яркости изображения от черного к белому. Интерферограммы запоминаются в виде матриц измерений. Путем их математической обработки определяются перемещения точек на поверхности, а по ним вычисляются деформации и напряжения, которые характеризуют прочность контролируемых объектов. С математической точки зрения задача обработки интерферограмм по сложности сравнима с задачей распознавания образов.

Для теплового метода результатом измерений является термограмма, представляющая наложения цветовой гаммы на снимок реального изделия и наблюдается как переход от синего к красному в соответствии с изменением температуры от понижения к повышению. Математическая обработка термограмм имеет целью выявление аномальных участков, содержащих информацию об изменении свойств материалов или их дефектности.

Второй класс измерений состояния пространственно-распределенных объектов – это сканирование их поверхности точечными контактными датчиками. Пространственные матрицы измерений $x(i, j)$ формируются за счет перемещения датчиков и импульсного поочередного зондирования поверхности.

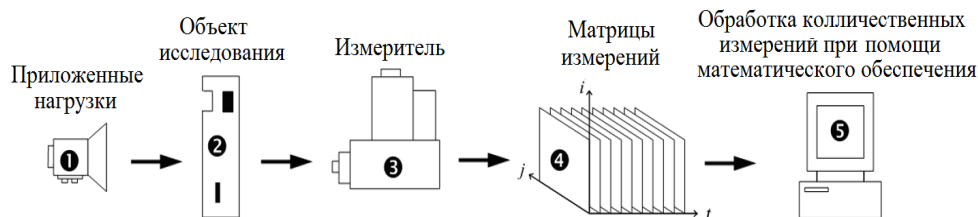


Рис. 2. Схема проведения измерений для первого класса исследований

Схема проведения измерений приведена на рис. 3.

Ко второму классу относятся ультразвуковой и магнитометрический методы контроля. Ультразвуковой метод заключается в сквозном прозвучивании изделия импульсами ультразвуковых колебаний. Для излучения и приема ультразвука используют два соосно-расположенных преобразователя, а о наличии дефектов судят по уменьшению амплитуды принимаемых колебаний. Если на пути ультразвуковых волн от излучателя до приёмника нет препятствий (дефектов), отражающих или рассеивающих ультразвуковые волны, то уровень принятого сигнала максимален. Однако он резко уменьшается или падает до нуля, если на пути ультразвуковой волны есть дефект. Решение принимается при соблюдении требований соосного расположения преобразователей и их стабильного акустического контакта с контролируемой деталью.

Магнитометрические измерения на основе метода магнитной памяти металла содержат информацию о состоянии (дефектности) и качестве (напряженно-деформированности) сварных соединений, а разности магнитометрических измерений содержат информацию об аномальных измерениях и аномальных участках.

К третьему классу измерений относятся многоканальные измерители, которые представляют собой систему точечных контактных тензометрических датчиков. Пространственные матрицы $x(i, j)$ - это измерения большого числа измерителей, расположенных отдаленно друг от друга на поверхности объекта контроля. Схема проведения измерений для данного класса приведена на рис. 4.

На схеме представлен процесс тензометрических статических исследований. К объекту контроля крепятся тензодатчики (количество может быть порядка 200 в различных направлениях), и при помощи стенда статических нагрузок поэтапно прикладываются изгибающий момент, осевая и поперечная силы, которые имитируют условия эксплуатации. В матрицах измерений содержится информация относительных деформаций, по результатам которых можно сделать выводы о распределении

деформаций по объекту контроля, о наличии опасных и дефектных зон и изменении свойств в разных участках исследуемого объекта.

Все методы исследований пространственно-распределенных объектов применяются для идентификации конструктивно-технологических особенностей крупногабаритных металлических изделий и изделий из композиционных материалов. Примером таких конструкций может служить межступенной отсек ракетносителя «Циклон - 4» - технологически сложная конструкция в виде усеченного конуса высотой 4014 мм с диаметром нижнего основания 3000 мм, а верхнего – 3980 мм. На рисунке 5 приведена схема разбиения развертки корпуса межступенного отсека. Как видно вся поверхность разбита на равнопропорциональные зоны (квадраты). Каждый квадрат представлял собой зону отдельного измерения.

Математическое обеспечение обработки качественных оценок объектов менеджмента

Для оценки научно-технических проектов широко используются экспертные оценки. В менеджменте качества процессов проектирования, разработки конструкторской и эксплуатационной документации, методик экспериментальных исследований и испытаний ракетно-космической техники экспертные оценки заменяют количественные измерения в задачах подготовки данных для поддержки принятия решений. Чтобы реализовать экспертное оценивание необходимо подобрать экспертов и сформировать экспертные группы по направлениям менеджмента, составить опросные анкеты, разработать методики анализа и обработки экспертных оценок. Вопросы анкеты должны обеспечить независимость формирования экспертами собственного мнения об оцениваемых материалах, удобство работы с ними, сохранение анонимности ответов для членов экспертных групп, предоставление экспертам оцениваемых материалов.

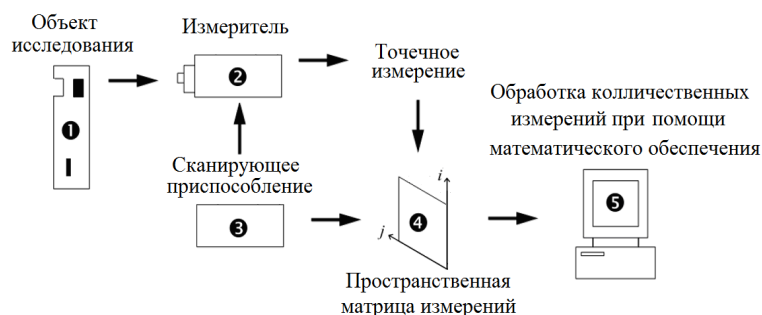


Рис. 3. Схема проведения измерений для второго класса исследований

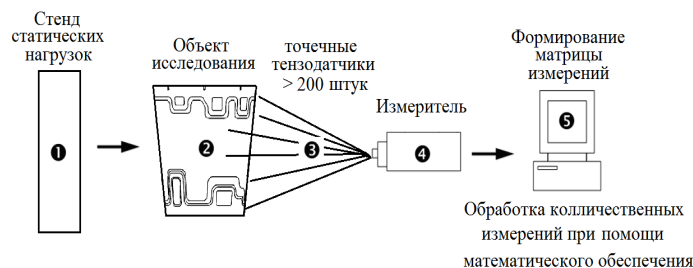


Рис. 4. Схема проведения измерений третьего класса исследований

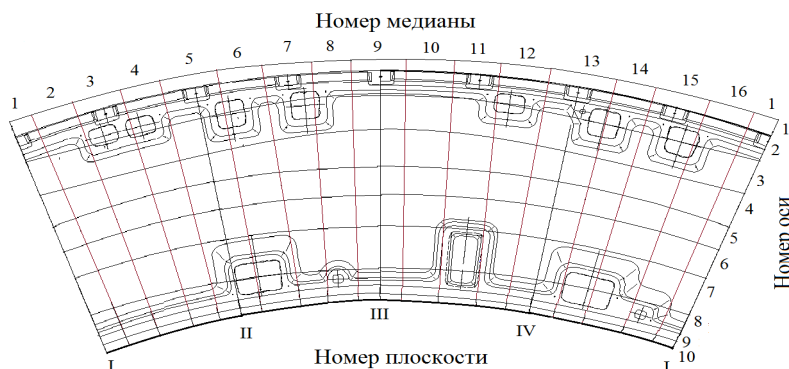


Рис. 5. Схема разбиения развертки корпуса межступенного отсека ракетносителя «Циклон - 4»

Второе – комплектование групп экспертов и определение веса качественных нечетких решений, принимаемых каждым экспертом. Эксперты не равноценны и вес эксперта – это оценка его компетентности. Компетентность определяется следующими четырьмя факторами: 1) занимаемая должность; 2) авторитет среди специалистов; 3) квалификация (научная, профессиональная); 4) стаж и опыт работы по экспертному направлению.

Обычно используется балльная система оценки показателей этих факторов.

1. По должности – четыре уровня показателей, начиная с научного сотрудника, который оценивается одним баллом, и три более высокие должности с баллами 2, 3, 4.

2. По авторитету оценивается: 1) шестью баллами, если у эксперта широкий кругозор, высокое чувство ответственности, способность к аналитическому и логическому мышлению; 2) пятью баллами, если широкий кругозор и высокое чувство ответственности; 3) четырьмя баллами, если эксперт с широким кругозором и способностью к аналитическому и логическому мышлению; 4) эксперты только с чувством ответственности и способностью к аналитическому мышлению; 5) эксперты только с чувством ответственности оцениваются двумя баллами; 6) только со способностью к аналитическому мышлению – одним баллом.

3. По научной классификации: 1) шесть баллов, если эксперт доктор технических наук по специальности; 2) пять баллов - кандидат наук по спе-

циальности; 3) четыре балла доктору технических наук не по специальности; 4) три балла эксперту с глубокими знаниями по специальности; 5) два балла кандидату технических наук смежных специальностей; 6) один балл эксперту, не специалисту, по данному направлению.

4. По стажу в научно-исследовательской работе: 1) четыре балла – более 25 лет; 2) 3 балла от 20 до 25 лет; 3) 2 балла от 10 до 20 лет; 4) 4 балла – менее 10 лет.

При формировании группы экспертов такая информация о каждом из них готовится и представляет собой матрицу компетентности в баллах $B(j/i)$, где j – номер эксперта в строке матрицы, i – номер фактора (столбец матрицы). Весовой коэффициент эксперта формируется следующим образом. Сначала определяются ранги экспертов в своей группе. Самому компетентному эксперту присваивается максимальный ранг, равный числу экспертов в группе (M). Эксперту, занимающему последнее место, присваивается ранг, равный единице (1). Чтобы ранжировать экспертов, необходимо нормировать матрицу компетентности. Ранги – это последовательность чисел от 1 до M и их сумма S может использоваться для нормировки, путем преобразования оценок, в баллах $B(j/i)$ следующим образом

$$S = \sum_{j=1}^M j = \frac{M(M+1)}{2}, \quad N(j/i) = \frac{M(M+1)B(j/i)}{\sum_{j=1}^M B(j/i)}, \quad (6)$$

где $N(j/i)$ – нормированная матрица компетентности рассматриваемой группы экспертов. Средние значения столбцов нормированной матрицы компетентности $\bar{N}(j)$ характеризуют ранги j -го эксперта $R(j)$.

$$\bar{N}(j) = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 N(j/i), \quad R(j) = \sum_{m=1}^M \operatorname{sgn}[\bar{N}(j) - \bar{N}(m)], \quad (7)$$

где $\operatorname{sgn}(x)$ – функция единичного скачка, равная нулю, если $x < 0$ и единице, если $x \geq 0$.

Компетентия эксперта с рангом $R(j)$ оценивается его весовым показателем

$$q(i) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{R(j) - 1}{M - 1} \right), \quad (8)$$

минимальное значение которого равно 0,5, максимальное равно 1.

Результаты экспертизы каждого эксперта – это нечеткие словесные ответы на вопросы анкеты о качестве предъявленного материала типа плохо, удовлетворительно, нормально, хорошо, отлично. Эти нечеткие оценки обрабатываются методами теории нечетких множеств и нечеткой логики.

Математическое обеспечение вычислительных экспериментов в задачах менеджмента качества

Ракетно-космический комплекс – это система устройств, механизмов, агрегатов, состоящих в причинно-следственных связях, как между собой, так и с окружающей средой. На их качество и работоспособность влияют многие факторы (нагрузки, тепловые воздействия, вибрации, трение, нарушение связей и многое другое неизвестное). Чтобы выяснить, как и на что они влияют, необходим факторный анализ, проводимый путем физических экспериментов. Но в наш век информационных технологий, не все, но многое можно узнать путем проведения компьютерных вычислительных экспериментов. Это мощное средство преодоления многих наших незнаний неопределенностей, неизвестностей.

Интересное заявление по поводу неизвестности сделал в 2002 году министр обороны США Дональд Рамсфелд. Он сказал: «Мы знаем, что существуют известные известности. Есть вещи, которые мы знаем, что мы знаем. Мы также знаем, есть известные неизвестности, то есть мы знаем, что есть некоторые вещи, которые мы не знаем. Но есть и неизвестные неизвестности, такие, про которые мы не знаем, что не знаем».

Факторные управляемые вычислительные экс-

перименты – это одна из возможностей получения информации не только об известных неизвестностях, но и о неизвестных неизвестностях.

Вычислительные эксперименты проводятся на виртуальных объектах менеджмента качества путем создания математических моделей с управляемыми параметрами, факторами, причинно-следственными связями, неопределенностями, неизвестными статистическими закономерностями. Управляя ими, можно исследовать их влияние на состояние и качество будущей ракетно-космической продукции, оценивать и прогнозировать изменения, определять информативность измерений и эффективность решений.

Математические модели для проведения вычислительных экспериментов разрабатываются на основе теоретических описаний механических, теплофизических, энергетических, электротехнических процессов, влияющих на изменение свойств материалов при различных воздействиях или старении. Это в основном линейные и нелинейные дифференциальные уравнения на основе непрерывных функций. После аналого-цифрового преобразования непрерывные функции преобразуются в дискретные и описываются разностными уравнениями. Используя их, формируются разностные уравнения измерений, параметры которых содержат информацию о состоянии и свойствах объектов менеджмента.

Математическое обеспечение вычислительных экспериментов – это система взаимно связанных алгоритмов и программ, на основе которых формируются выборки измерений, искаженные помехами, алгоритмы и программы их обработки, при помощи которых формируются данные о влиянии на состояние и качество объектов менеджмента различных факторов. Результаты исследований на виртуальных объектах обязательно должны проверяться путем проведения физических экспериментов, но их объем и затраты, в этом случае, могут быть значительно уменьшены.

При отсутствии описательных моделей, располагая даже небольшим объемом измерений можно, используя их, сформировать компьютерные модели с управляемыми параметрами. Изменяя их, представляется возможность, также путем вычислительных экспериментов, проводить факторный анализ и исследовать их влияние на состояние и качество объектов менеджмента, оценивать и прогнозировать изменения состояния и качества, несмотря на некоторую нечеткость и размытость результатов вычислительных экспериментов.

Отметим, что для всех методов исследования объектов ракетно-космической техники обработка может проводиться не в реальном масштабе времени: измерения запоминаются и затем обрабатываются.

Используемые алгоритмы и программы хранятся в памяти компьютера. Обработка измерений должна быть адаптивной с учетом ранее полученных данных.

Независимо от методов получения и видов измерений $x(k)$ и $x(i, j)$, математическое обеспечение их обработки должно быть направлено на визуально-аналитическое представление данных, по которым будут приниматься о состоянии и качестве решения объектов менеджмента.

Литература

1. Менеджмент качества при выполнении ГП «КБ «Южное» проектов в космической области [Текст] / М. А. Бондарь, А. Э. Кашанов, А. А. Колоколов, Л. Н. Лахно, А. Л. Макаров, О. Д. Морозов, В. Д. Потий, Ю. А. Шовкопляс // Космическая техника. Ракетное вооружение : сб. науч. тр. КБ

«Южное». – 2013. – Вып. 1 (103). – С. 86-92.

2. Михалев, А. И. Структурный синтез систем управления проектами [Текст] : учеб. пособие / А. И. Михалев, А. П. Алтатов, И. В. Баклан ; [под ред. А. И. Михалева]. – Днепропетровск : НМетАУ : Системные технологии, 2013. – 143 с.

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

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

5. Quality management system – Requirements. Системы менеджмента качества – Требования. ISO 9001:2008 (Международный стандарт) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://smk.nspu.ru/file.php/1/GOST_R_ISO/_9001-2008.pdf. – 3.03.2015.

Поступила в редакцию 3.03.2015, рассмотрена на редколлегии 15.05.2015

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

М. А. Бондар, О. Е. Кашанов, В. П. Малайчук

Розглянуто систему менеджменту якості, як систему керування станом і якістю продукції протягом усіх шести основних процесів створення, вдосконалення і модернізації ракетно-космічних комплексів. Показано, що кінцевий продукт менеджменту вимірюваних об'єктів – це рішення про стан і якість проектованої техніки, але вимірювання параметрів, як правило, спотворено перешкодами різного походження. Автори, маючи у своєму розпорядженні спеціальну комп'ютерну програму методу оброблення вибірок багатопараметричних вимірювань, можуть вирішувати завдання дефектоскопії і виявлення зміни параметрів, стану і якості крапкових об'єктів контролю за експериментальними даними та аналізувати їх причинно-наслідкові зв'язки.

Ключові слова: система менеджменту якості, ракетно-космічна продукція, просторово-розподілені об'єкти, інтерференційні вимірювання, математичні моделі.

SPACE ROCKET PRODUCTS QUALITY MANAGEMENT SYSTEM SOFTWARE

М. А. Bondar, А. Е. Kashanov, V. P. Malaychuk

The quality management system is described as a product condition and quality control system during all six main processes of Space Rocket Complexes creation, improvement and modification. It is shown that the end product of measured objects management is decisions on condition and quality of projected technologies but parameter measurements, as a rule, are distorted by interference of different origin. The authors, having dedicated computer program available for a multiparameter measurement sampling processing method, may solve problems of flaw inspection and parameter measurement detection, condition and quality of point objects under test based on experimental data and analyze their cause-and-effect relations.

Key words: quality management system, space rocket products, spatially distributed objects, interference measurement, mathematical models.

Бондарь Михаил Анатольевич – главный инженер – первый заместитель Генерального директора, 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. Олеся Гончара, Днепропетровск, Украина, e-mail: rea.ftf@dnu.dp.ua.