

КВАДРАНТЫ КАЧЕСТВА

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ДЕФЕКТНОСТИ СИСТЕМ

Созданная за 35 лет (1965–2000 гг.) в Государственном космическом научно-производственном центре (ГКНПЦ) им. М. В. Хруничева система качества обеспечивает высокий уровень качества и надежности сложных изделий, выпускаемых малыми сериями. Сегодня ракета-носитель “Протон-К” имеет один из наивысших уровней надежности среди носителей тяжелого класса, что в сочетании с приемлемой стоимостью обуславливает ее широкое применение в международных космических программах. Однако уровень дефектности таких сложных систем все еще достаточно высок, а модели контроля качества для головных предприятий формализованы недостаточно. Предлагаемая методика с использованием структурных схем контроля и квадрантов качества заполняет эту нишу, позволяя оценивать качество на всех этапах контроля.

В соответствии с принятой моделью обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании [1–3] в ГКНПЦ проводится постоянное повышение качества продукции, процессов и самой системы качества в целом с помощью корректирующих и предупреждающих мероприятий. Все составные части сложной системы от подсистем, агрегатов и отдельных приборов до комплектующих элементов (в том числе и электрорадиоизделий) проходят на соответствующих стадиях разработки и производства полный цикл доводочных и контрольных испытаний: предварительных, приемочных, сертификационных, периодических, типовых, приемосдаточных [4,5]. В условиях постоянно растущих требований к их качеству и надежности необходимым уровнем эффективности контрольных испытаний достигается путем проведения большого объема работ и мероприятий, на которые затрачивается достаточно много времени. Объясняется это недостаточной проработкой методики их проведения. Новый методический подход, использующий структурные схемы контроля качества [6] и построенные на их основе квадранты качества для основных стадий и видов контрольных испытаний, позволит сократить эти затраты и

А. Калинин, В. Меньшиков,
Ю. Мирош, Л. Медушевский

обеспечит эффективную оценку и планирование работ по повышению качества.

Структурная схема контроля качества – это блок-схема всех последовательно проводимых испытаний по контролю качества и эксплуатационных воздействий на товарные образцы системы в целом и ее составных частей. Работы начинаются с приемосдаточных испытаний аппаратуры на заводах-изготовителях и завершаются испытаниями системы перед ее вводом в эксплуатацию. На всех этапах проводится оценка уровня технического состояния (исправного или неработоспособного) объекта контроля.

Структурная схема контроля может быть разработана как для системы в целом, так и для любого ее элемента: блока, прибора, аппаратуры. При этом схема для элементов низших иерархических уровней (блоков, приборов) часто включает испытания по контролю качества и до этапа приемосдаточных испытаний (входной контроль комплектующих элементов, операционный контроль).

Для каждого блока структурной схемы должны быть определены следующие исходные и выходные данные:

- $P(S_p)$ – вероятность пребывания объекта контроля в работоспособном состоянии до начала испытаний;
- $P(0)$ – вероятность пребывания объекта контроля в неработоспособном состоянии до начала испытаний;
- $P(U/S_p)$ – условная вероятность того, что работоспособный объект при контроле признается работоспособным;
- $P(0/0)$ – условная вероятность того, что неработоспособный объект при контроле признается работоспособным;
- $P(S_p/U)$ – условная вероятность того, что объект контроля является работоспособным в случае положительных результатов контроля.

Представляем авторов статьи

КАЛИНИН Анатолий Алексеевич. Директор Ракетно-космического завода – ГКНПЦ им. М.В.Хруничева.

МЕНЬШИКОВ Валерий Александрович. Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Директор Научно-исследовательского института космических систем, филиала ГКНПЦ им.М.В.Хруничева.

МИРОШ Юрий Михайлович. Кандидат технических наук. Заместитель директора по качеству РКЗ – ГКНПЦ им. М.В.Хруничева.

МЕДУШЕВСКИЙ Люциан Станиславович. Кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Ведущий научный сотрудник НИИ КС, филиала ГКНПЦ им.М.В.Хруничева. Контактный телефон: 974-36-17, e-mail: niiks@khrunichev.com

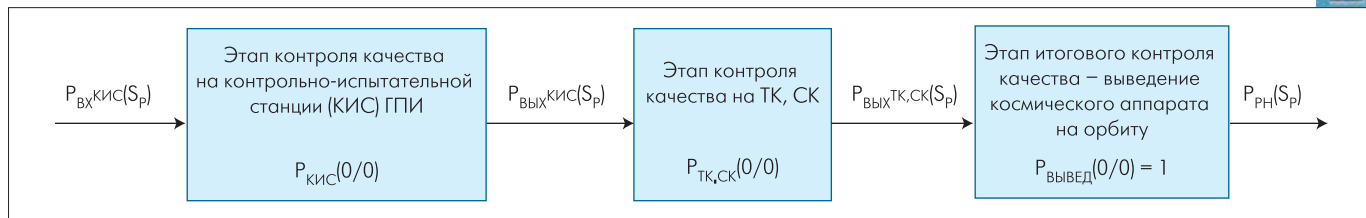


Рис. 1. Структурная схема контроля качества системы (ракеты-носителя – РН)

Выходные данные по каждому блоку, т.е. вероятность $P(S_p/U)$, определяются по формуле:

$$P(S_p/U) = \frac{P(S_p) \cdot P(U/S_p)}{P(S_p) \cdot P(U/S_p) + P(0) \cdot P(U/0)}, \quad (1)$$

где $P(U/0) = 1 - P(0/0)$. Погрешности при контроле работоспособного объекта практически отсутствуют, т.е. $P(U/S_p) = 1$. Учитывая это, выражение (1) можно представить в виде:

$$P(S_p/U) = \frac{P(S_p)}{1 - P(0) \cdot P(0/0)}. \quad (2)$$

При решении задач планирования качества для определения величины $P(S_p)$ можно использовать выражение

$$P(S_p) = \frac{P(S_p/U) - P(S_p/U) \cdot P(0/0)}{1 - P(S_p/U) \cdot P(0/0)}. \quad (3)$$

Основу испытаний по контролю качества товарной продукции, входящих в структурную схему контроля качества, составляют испытания на предприятии-изготовителе (ПИ) аппаратуры, на головном предприятии-изготовителе (ГПИ) системы и на техническом и стартовом комплексах (ТК и СК). В наиболее простом (минимальном) виде структурная схема контроля качества для системы в целом имеет вид, представленный на рис. 1. Для приведенных на рисунке этапов контроля на основе соотношений (1)–(3), как будет показано ниже, построены графики зависимости уровня технического состояния (качества) системы от достоверности контроля при испытаниях и уровня начального технического состояния.

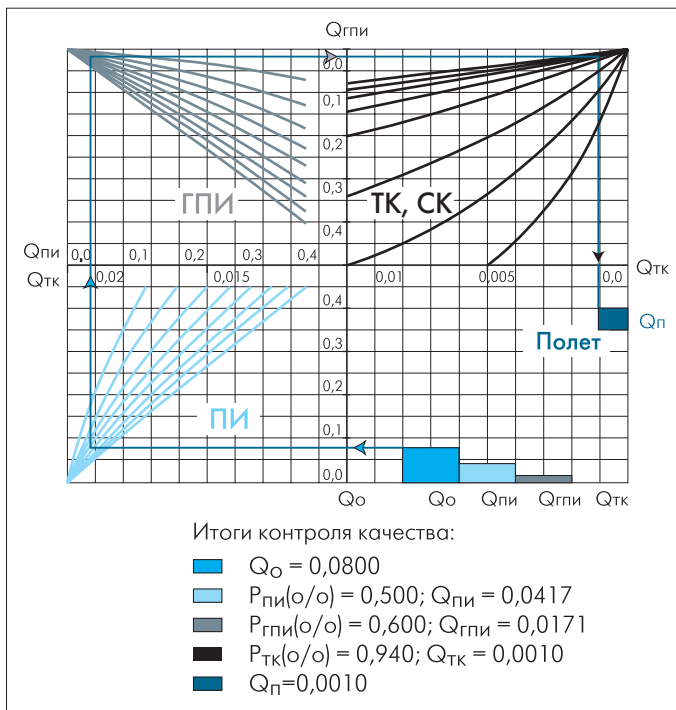


Рис. 2. Квадранты качества (фактические): ПИ, ГПИ, ТК и СК, ПОЛЕТ

Для анализа, оценки и планирования качества составных частей системы выбрана трехзвенная структурная схема контроля, учитывающая результаты всех видов приработочных и приемосдаточных испытаний на предприятиях-изготовителях, результаты входного контроля, автономных и комплексных испытаний на головном предприятии-изготовителе, а также автономных и комплексных испытаний на техническом и стартовом комплексах.

Динамику изменения качества изделий (уровня дефектности) после проведения контрольных испытаний наглядно демонстрируют так называемые **квадранты качества**. Для их построения с использованием структурных схем разработана компьютерная программа, позволяющая решать задачи четырех типов:

- прямые задачи (анализ) – оценка качества изделия после испытаний на ПИ, ГПИ, ТК и СК – построение фактических квадрантов качества;
- обратные задачи (синтез) – задание требований к качеству изделия до испытаний – построение требуемых квадрантов качества;
- задание требований к достоверности контроля качества изделия – $P(0/0)$;
- нормирование требований к достоверности контроля качества.

Исходные данные и основные параметры, используемые в программе:

- N – код наименования изделия (системы)
- $Q_0 = 1 - P(S_p)$ – уровень качества изделия до начала испытаний (входное качество) на ПИ
- $P_{\text{ПИ}}(0/0)$ – достоверность контроля качества на ПИ
- $Q_{\text{ПИ}}$ – уровень качества изделия после испытаний на ПИ
- $P_{\text{ГПИ}}(0/0)$ – достоверность контроля качества на ГПИ
- $Q_{\text{ГПИ}}$ – уровень качества изделия после испытаний на ГПИ
- $P_{\text{ТК,СК}}(0/0)$ – достоверность контроля качества на ТК, СК
- $Q_{\text{ТК,СК}}$ – уровень качества изделия после испытаний на ТК, СК
- $Q_{\text{П}}$ – требуемый уровень качества изделия в полете
- Коэф. $K(\text{ПИ/ГПИ}) = (1 - P_{\text{ПИ}}(0/0)) / (1 - P_{\text{ГПИ}}(0/0))$**

Использование программы позволяет решать типовые задачи оценки, задания и нормирования требований по качеству составных частей системы. К примерам таких решений относятся оценка качества изделия после проведения контроля на ПИ, ГПИ и ТК, СК (рис. 2); определение требований к уровню входного качества изделия, исходя из требований к выходному качеству и принятой достоверности контроля (рис. 3); задание требований к достоверности контроля, исходя из требований к выходному качеству и уровня входного качества изделия (рис. 4); нормирование требований к достоверности контроля качества изделия при испытаниях на ПИ и ГПИ (рис. 5). Как видно из графиков на рис. 2 и 3, четвертый квадрант наглядно иллюстрирует изменение уровня качества от Q_0 (ПИ) до $Q_{\text{П}}$ (полета).

Предложенный методический подход позволяет комплексно решать задачи оценки и поэтапного определения требований к каче-

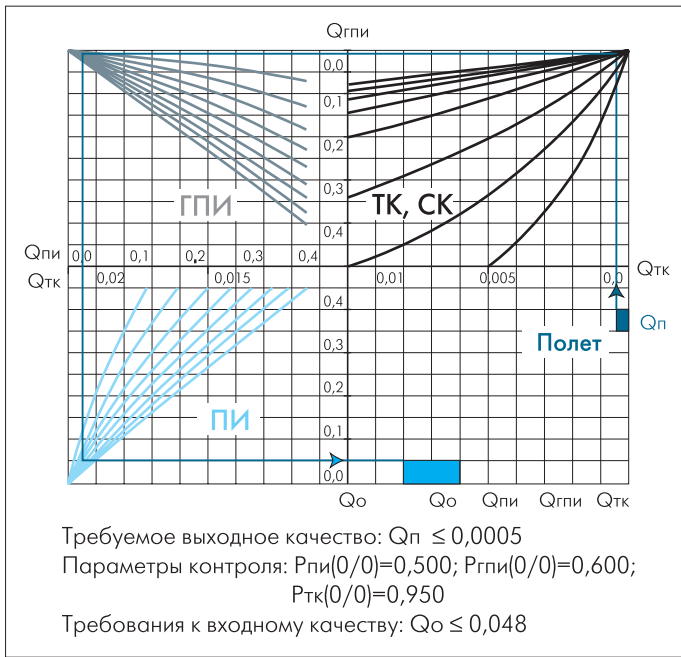


Рис.3. Требования к входному качеству (требуемые квадранты качества)

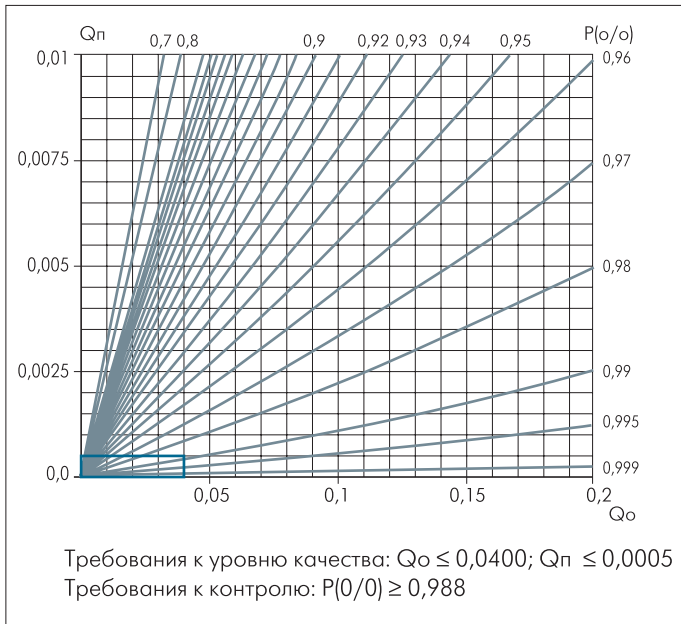


Рис.4. Требования к достоверности контроля

ству изделий, планирования корректирующих и предупреждающих действий, направленных на снижение уровня дефектности и (или) повышение уровня достоверности контрольных испытаний. Его можно использовать при обеспечении и контроле качества систем, выпускаемых малыми сериями, и их составных частей в различных отраслях промышленности – ракетостроительной, космической,

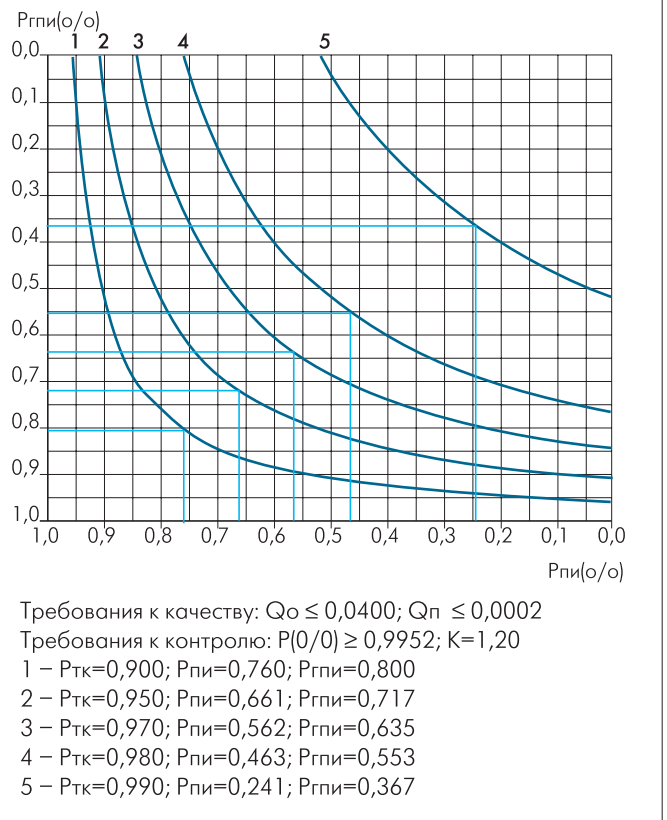


Рис.5. Варианты нормирования требований к достоверности контроля

авиационной, атомной, энергомашиностроительной, а также электронной и радиоэлектронной.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТП 737-1-2000. Система качества. Общее руководство по качеству. Основные положения. – РКЗ, 2000.
2. СТП 104-602-98. Система качества. Основные положения. – РКЗ, 1997.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-96. Система качества. Модель обеспечения качества при проектировании, производстве, монтаже и обслуживании.
4. Бердичевский Б.Е. Вопросы обеспечения надежности радиоэлектронной аппаратуры при разработке. – М.: Сов. радио, 1977.
5. Критенко МИ. Обеспечение качества военной продукции. Новое поколение нормативных документов. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2000, № 4.
6. Калинин А.А., Меньшиков В.А., Мирош Ю.М., Медушевский Л.С. Обеспечение качества производства малосерийных сложных изделий на основе принципов TQM. TQM-2000. – М.: Материалы Десятой международной конференции по менеджменту качества, 2000.

Информационная поддержка

СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА

Одна из составляющих системы качества – информационная поддержка. Ее вариант – так называемая интегрированная информационная среда предприятия. Эта среда составляет основу CALS-технологий и CALS-систем. Все процессы жизненного цикла продукции отображаются в ней через информационные объекты. Каждый информационный объект имеет набор характеристик, описывающих свойства реального объекта, который он отображает. С точки зрения системы качества такими характеристиками служат технические требования и технические условия, которым должен удовлетворять реальный объект, карты контроля, инструкции и т.д.

Кроме информации об изделии, в интегрированной информационной среде содержится информация о производственной среде предприятия – о производственной и управленческой структуре, технологическом и вспомогательном оборудовании, персонале, финансах и т.д. В числе этих данных находится и информация, относящаяся к системе качества. Она должна быть представлена в форматах, регламентированных CALS-стандартами, и состоять из набора информационных объектов, входящих в интегрированную информационную среду предприятия.

www.cals.ru/inf_sys_quality.html