

УДК 658.051.012

Е.А. ДРУЖИНИН<sup>1</sup>, О.К. ГАБЧАК<sup>1</sup>, А.А. СИОРА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*  
<sup>2</sup>*ЗАО «Радий», г. Кировоград, Украина*

## ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

В данной работе предлагается системный подход к формированию устойчивой системы качества, через построение и рассмотрение систем качества, как на предприятиях, так и сертификационных центрах, формирование модели управления качеством на этапах жизненного цикла сложной техники и в процессе реализации данных этапов.

**система качества, жизненный цикл, автоматизированная система управления качеством сложных изделий, корректирующие действия, организационная структура управления качеством**

### Введение

Одним из важнейших факторов роста эффективности производства является создание и поддержка устойчивой системы качества (УСК) продукции. В настоящий момент создание и поддержание высокого уровня производства высококачественных изделий затруднено рядом причин: выработка основных ресурсов предприятий, необходимость модернизации существующего оборудования и др. В промышленно развитых странах во многих фирмах и компаниях функционируют системы качества (СК), успешно обеспечивающие высокое качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции. В большей части эти системы аналогичны отечественным системам управления качеством продукции, но их отличие - значительная эффективность.

Состав и сущность СК регламентируется рядом международных стандартов. Наличие таких систем у изготовителей продукции является гарантией того, что данная техника отвечает требованиям надежности, ремонтпригодности и др. Поэтому потребитель при заключении контрактов требует проверки имеющейся у изготовителя системы обеспечения качества на соответствие её требованиям международных стандартов и выдвигаемым показателям качества (например, требованиям экологической

безопасности авиационной техники, безопасной эксплуатации автоматизированных систем управления объектами ядерной энергетики)

Исходя из вышесказанного, направление исследований данной работы, связано с разработкой моделей управления качеством проектов создания систем управления и контроля. Для чего необходимо: провести анализ существующих подходов управления качеством проектов; разработать формализованные системные модели процессов создания на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) с использованием языка регулярных схем системных моделей (РССМ); сформировать формализованное представление процессов управления качеством проектов в заданной организационной структуре СК предприятия; разработать методы формирования корректирующих действий, обеспечить возможность управления процессами УСК при рассогласовании на всех этапах ЖЦ как в рамках предприятия, так и в рамках контролирующих органов, которые сопровождают предприятия на всех этапах разработки и производства.

### 1 Развитие системного подхода к управлению качеством

На предприятиях Советского Союза системный подход начал применяться в 40-50-х годах, то есть

через 20 лет после организации отделов технического контроля продукции (ОТК). Характерными представителями системной организации работ считается:

- саратовская система бездефектного изготовления продукции и сдачи её ОТК и заказчику с первого предъявления. В основу системы был положен самоконтроль результатов труда непосредственно исполнителем;

- система КАНАРСПИ (качество, надёжность, ресурс с первых изделий), разработанная рядом проектно-конструкторских организаций Горьковской области. Система предусматривает постоянное взаимодействие между опытно-конструкторским бюро - разработчиком и заводом, осуществляющим серийное производство. Основная задача - выявление и устранение на предпроизводственной стадии и в процессе подготовки производства новых изделий, возможных причин дефектов;

- ярославская система НОРМ (научная организация работ по увеличению моторесурса), где планирование количественного показателя качества и его реализация осуществлялись на всех стадиях жизненного цикла продукции;

- рыбинская НОТПУ (научная организация труда, производства и управления) предусматривала количественную оценку уровня организации труда, производства и управления в рамках предприятия, отделов, цехов, участков;

- львовская комплексная система управления качеством продукции (КС УКП). Осуществлялась путём формирования функций и задач управления качеством, а также их тщательного и скоординированного распределения между органами управления предприятием.

В настоящее время наиболее передовой опыт в области качества продукции накоплен в разных фирмах промышленно развитых стран. При этом разработаны различные модели систем УКП. Наибольший интерес представляют модели Фейгенбау-

ма, Эттингера-Ситтига и Джурана. Модель Фейгенбаума, автора теории комплексного управления качества „TQM”, заложила основы контроля качества продукции. Голландскими учеными Дж. Ван Эттингером и Дж. Ситтигом разработана специальная область науки квалиметрия, позволяющая давать количественные оценки качественным характеристикам товара. Системная модель Эттингера-Ситтига, разработанная специалистами Европейской организации по контролю качества (ЕОКК), изображается кругом, разделённым на секторы (определённые этапы работы). Модель Джурана - это восходящая спираль, отображающая этапы непрерывного формирования и улучшения качества продукции [1].

На основе этих моделей детально разработаны системы управления и обеспечения качества продукции в Японии и США. В Японии, работы в области качества продукции развёртывались по более широкому использованию методов контроля качества продукции. Особое место занимают статистические методы контроля (Г. Тагути). В США большая часть воздействий носит, в основном, техническую и организационную направленность. Обеспечение качества осуществляет специализированный отдел управления качеством. Крайне серьёзное внимание в американских фирмах уделяют контролю качества продукции, который охватывает все стадии жизненного цикла продукции.

В настоящее время все разрабатываемые системы управления качеством предприятий Украины должны соответствовать установленным требованиям международных стандартов ISO 9000 версии 2000 года, которая состоит из четырех групп стандартов. Стандарт ISO 9001:2000 заменяет стандарты ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 версии 1994 года, и если ранее система качества рассматривалась как совокупность 20 элементов, часть из которых касалась только отдельных функций организации, а часть - всей организации, то в стандарте ISO 9001:2000 использован другой подход. Вся деятель-

ность, в рамках системы качества, рассматривается как сеть взаимосвязанных процессов. Требования стандарта к системам управления качеством разделены на четыре основные группы: "Ответственность руководства", "Управления ресурсами", "Процессы создания продукции и услуг", "Измерения, анализ и усовершенствования", которые связаны между собой, в непрерывный цикл усовершенствования.

В соответствии с имеющимся собственным и зарубежным опытом и действующими международными стандартами необходимо пересмотреть модель действующей системы управления качеством сложной техники.

## 2 Анализ обобщенной структуры устойчивой системы качества

Весь опыт проведения работ по решению проблемы качества продукции на предприятиях определил необходимость использования, при этом, системного подхода. Если представить обобщенную УСК, как системную модель, то она будет выглядеть как показано на рисунке 1.

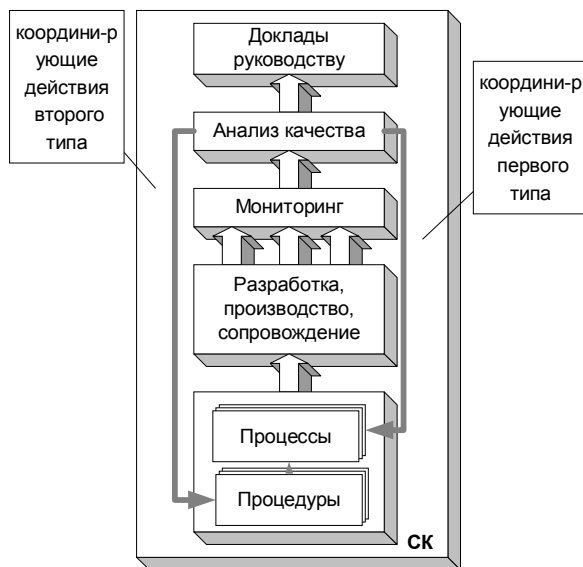


Рис. 1. Обобщенная модель УСК предприятия

Одной из важнейших задач УСК является целенаправленная координация действий всех внешних и внутренних элементов организационной структуры системы качества для достижения общей (гло-

бальной) цели. Глобальной целью системы качества – обеспечение разработки и производства объектов сложной техники, соответствующих заданным тактико-техническим и эксплуатационным характеристикам, требованиям к надежности и безопасности.

Вся деятельность в рамках системы качества рассматривается как сеть взаимосвязанных процессов, которые в свою очередь состоят из ряда процедур. Таким образом, объектом УСК является комплекс взаимосвязанных процедур и процессов на различных этапах жизненного цикла производства изделия, включая сопровождение и утилизацию.

Система должна обладать свойством мониторинга, который служит для постоянного наблюдения за результатами работ на всех этапах жизненного цикла изделия с целью сбора и систематизации. Ответственное лицо или организация (субъект УСК) должны осуществлять анализ выявленных несоответствий и их причин, производить разработку мероприятий по усовершенствованию процессов путем реализации корректирующих действий первого и второго типа: первый тип корректирующих действий – усовершенствование процессов, влияет на все процедуры, входящие в данный процесс; второй тип корректирующих действий – усовершенствование процедур.

Наличие обратных связей в системе обеспечивает устойчивость системы качества.

УСК будет обеспечиваться через управление ресурсами, в рамках организационной системы качества предприятия.

## 3 Формализация модели УСК

Для построения модели УСК, необходимо построить модель сети процессов (МСП). Так как данная модель включает большое количество работ с закрепленными за ними ресурсами, для анализа процессов необходимо формализовать данную структуру. Так же возникает проблема распределения работ, которые выполняются на данном пред-

приятия и вне их (государственные контролирующие органы, сертификационные центры). Для этого, в соответствии с правилами использования языка регулярных схем системных моделей (РССМ) обозначим:

$A_i$  - оператор, описывающий действия предприятия;

$S_i$  - оператор, описывающий действия сертификационного центра;

$U_i$  - оператор, описывающий действия государственных контролирующих органов.

МСП многоуровневая, верхний уровень составляют основные этапы жизненного цикла сложной техники. Базис операторов этапов ЖЦ включает подсистемы процедур:

1)  $A_1^{Sys}$  - проектирование (маркетинговые исследования  $a_{1.1}^{UnSys}$ , аванпроект  $a_{1.2}^{UnSys}$ , эскизное проектирование  $a_{1.3}^{UnSys}$ , макет  $s_{1.4}^{UnSys}$ , техническое проектирование  $a_{1.5}^{UnSys}$ , временное производство  $a_{1.6}^{UnSys}$ , сертификационно-заводские испытания  $s_{1.7}^{UnSys}$ , сертификационно контрольные испытания  $u_{1.8}^{UnSys}$ )

2)  $A_2^{Sys}$  - стадия производство (производство  $a_{2.1}^{UnSys}$ , эксплуатационных испытаний  $a_{2.2}^{UnSys}$ , конструкторского сопровождения  $a_{2.3}^{UnSys}$ )

3)  $A_3^{Sys}$  - эксплуатация (эксплуатация  $a_{3.1}^{UnSys}$ , сопровождение  $a_{3.2}^{UnSys}$ )

4)  $A_4^{Sys}$  - снятие с эксплуатации, утилизация.

Формализованная модель этапов и стадий ЖЦ сложной техники:

$$R_{-A}^{SSys} = A_1^{Sys} \cdot A_2^{Sys} \cdot A_3^{Sys} \cdot A_4^{Sys} =$$

$$= a_{1.1}^{UnSys} \cdot a_{1.2}^{UnSys} \cdot a_{1.3}^{UnSys} \cdot s_{1.4}^{UnSys} \cdot a_{1.5}^{UnSys} \cdot$$

$$\cdot a_{1.6}^{UnSys} \cdot s_{1.7}^{UnSys} \cdot s_{1.8}^{UnSys} \cdot [a_{2.1}^{UnSys} \wedge$$

$$\wedge a_{2.2}^{UnSys} \wedge a_{2.3}^{UnSys}] \cdot [a_{3.1}^{UnSys} \wedge a_{3.2}^{UnSys}] \cdot A_4^{Sys} \quad (1)$$

Рассмотрим более подробно стадию технического проектирования. В соответствии со стандартами [2] эта стадия содержит следующие работы:

– определение окончательного конструкторского решения изделия  $a_{1.5.1}$ ;

– выполнение расчетов, подтверждающих технико-экономические показатели и показатели надежности изделия  $a_{1.5.2}$ ;

– выполняют необходимые функциональные и принципиальные схемы  $a_{1.5.3}$ , согласовывают с заказчиком или основным потребителем габаритные и посадочные размеры изделия  $a_{1.5.4}$ ;

– проводят анализ конструкции изделия на технологичность в условиях производства, с учетом оборудования  $a_{1.5.5}$ , разработка методологического обеспечения  $a_{1.5.6}$ ;

– выполняют при необходимости, дополнительное испытание макетов или экспериментальных образцов  $s_{1.5.7}$ , завершают разработку дизайн-эргономического и цветофактурного решения изделия  $a_{1.5.8}$ ;

– проводят оценку изделия на соответствие требованиям эргономики, дизайна и технической эстетики  $s_{1.5.9}$ , требованиям к транспортировке, хранению, монтажу на месте его применения  $s_{1.5.10}$ , а также эксплуатационных возможностей  $s_{1.5.11}$ ;

– выполняют проверку патентной ситуации и конкурентоспособности изделия  $s_{1.5.12}$ , обеспечения требований стандартизации и унификации изделия  $s_{1.5.13}$ , необходимость приобретения ПКИ и разработки новых приборов  $a_{1.5.14}$ , соответствия требованиям техники безопасности и производственной санитарии  $a_{1.5.15}$ ;

– уточняют перечень работ, которые необходимо провести на стадии рабочей документации в дополнение к требованиям ТЗ  $a_{1.5.16}$ ;

– определяют технический уровень изделия  $u_{1.5.17}$ .

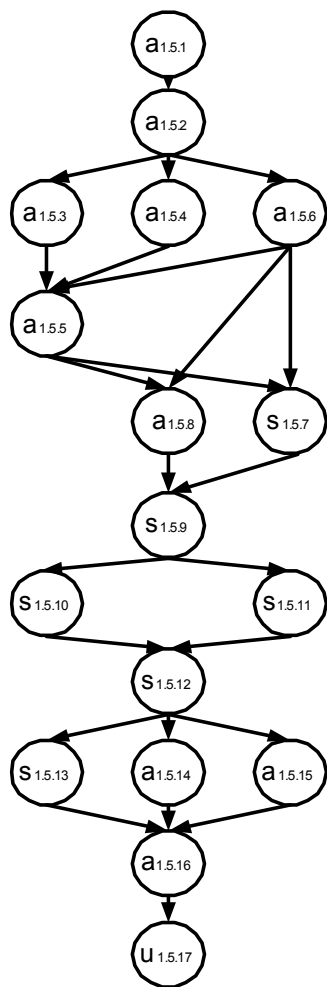


Рис. 2. Стадия технического проектирования

На рисунке 2 представлено графовое представление структурной модели работ стадии технического проектирования.

После формализации необходимо рассмотреть случаи несоответствия, их формализацию и модели управления разработкой в соответствии с типом несоответствия. Введем классификацию несоответствий в зависимости от изменений в конструкции изделий:

1) элементарное несоответствие - несоответствие, которое исправляется путем повторения от-

дельного технологического процесса или операции  $x_1$ . В нашем примере данное несоответствие выявлено при проверке сертификационным центром соответствия требованиям эргономики  $s_{1.5.9}$  и приводит к необходимости повторить работы по разработке дизайн-эргономического и цветофактурного решения  $a_{1.5.8}$ ;

2) второстепенное - несоответствие, которое исправляется путем повторения всех работ в рамках одного этапа жизненного цикла  $x_2$ . В примере данное несоответствие выявлено на этапе конструкторского сопровождения  $a_{2.3}^{UnSys}$  и приводит к повторению всей стадии производства  $A_2^{Sys}$ ;

3) головное несоответствие - несоответствие, которое приводит к необходимости повторения всего процесса разработки, начиная с макетного образца  $x_3$ . Например при выявлении ошибок на этапе сопровождения  $a_{3.2}^{UnSys}$ , появляется необходимость повторить все стадии ЖЦ, начиная с проектирования  $a_1^{Sys}$ .

Таким образом, формализованная модель несоответствий с учетом более детального рассмотрения стадии технического проектирования будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned}
 R_{-} A^{SSys} &= x_3 \{ A_1^{Sys} \bullet A_2^{Sys} \bullet A_3^{Sys} \}_{x_3} \bullet A_4^{Sys} = \\
 &= a_{1.1}^{UnSys} \bullet a_{1.2}^{UnSys} \bullet a_{1.3}^{UnSys} \bullet s_{1.4}^{UnSys} \bullet \\
 &\bullet a_{1.5.1} \bullet a_{1.5.2} \bullet [[a_{1.5.3} \wedge a_{1.5.4}] \bullet \\
 &\bullet a_{1.5.5}] \wedge a_{1.5.6} \bullet \{ x_1 \{ [s_{1.5.7} \wedge a_{1.5.8}] \bullet \\
 &\bullet s_{1.5.9} \}_{x_1} \bullet [s_{1.5.10} \wedge s_{1.5.11}] \bullet s_{1.5.12} \bullet \\
 &\bullet [s_{1.5.13} \wedge a_{1.5.14} \wedge a_{1.5.15}] \bullet a_{1.5.16} \bullet \\
 &\bullet u_{1.5.17} \bullet a_{1.6}^{UnSys} \bullet s_{1.7}^{UnSys} \bullet s_{1.8}^{UnSys} \bullet \\
 &\bullet \{ x_2 \{ [a_{2.1}^{UnSys} \wedge a_{2.2}^{UnSys} \wedge a_{2.3}^{UnSys}] \}_{x_2} \bullet \\
 &\bullet [a_{3.1}^{UnSys} \wedge a_{3.2}^{UnSys}] \bullet A_4^{Sys}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Данные работы в системе качества распределяются по организационной структуре управления качеством. Организационная структура УСК пред-

приятия взаимодействует с организационными структурами государственных органов управления качеством, сертификационными центрами.

Рассмотрим организационную структуру управления качеством, традиционно сложившуюся на предприятиях [3]. Руководство назначает контролирующий орган, ответственный за систему качества предприятия (СК) (отдел либо руководитель в зависимости от предприятия), отдел контроля СК управляет следующими подразделениями:

- отдел технического контроля (ОТК), находящиеся в каждом цехе;
- испытательные стенды и лаборатории (ИСЛ);
- информационно-аналитическая служба (ИАС);
- патентно-лицензионная служба (ПЛС);
- метрологическая служба (МС).

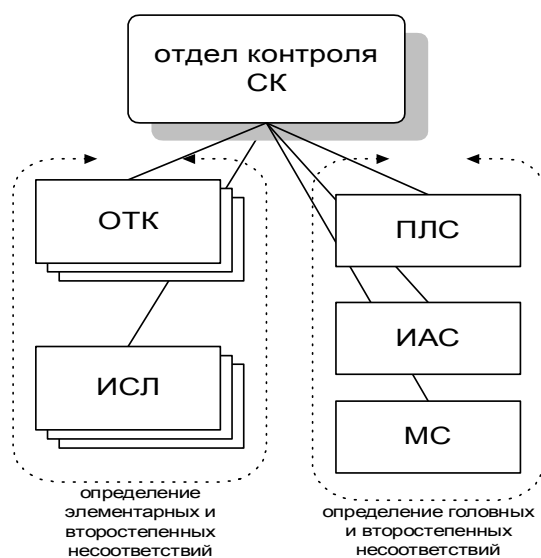


Рис. 3. Организационная структура управления качеством предприятия

Декомпозицию организационной структуры проводят до рабочих  $OC_{i,j}$ , а затем строится бинарное соответствие в виде списка, где за каждой работой  $a_{m,l,k}$  закрепляется контролирующий орган:

$$\rho_{oc.a} = [OC_{i,j}, a_{m,l,k}] \quad (3)$$

Организация управления ресурсами происходит по следующим правилам. Рассмотрим элементарное несоответствие. Если несоответствия устраняются

путем повторения работы (процедуры), технологического процесса, необходимо провести корректирующие действия первого типа (замена, ремонт оборудования, оснастки, инструмента либо обучить, сделать предупреждения персоналу). Если несоответствия устраняются путем повторения технологического процесса, ЖЦ, он связан с ошибками и нарушениями технологии выполнения работ (методик), если не устраняются, необходимо просмотреть бизнес процессы поставки материалов. Если после этого несоответствия не устранены, скорее всего, это второстепенные изменения.

## Заключение

Полученная МСП позволяет сформировать основу для автоматизированной системы управления качеством сложных изделий (АСУК СИ). Разбиение базиса операторов позволяет выделить объем работ, выполняемых предприятием и сертификационным центром, а соответственно ресурсы необходимые для данных работ, что формирует АСУК предприятий и сертификационных центров. Такой подход может применяться для всех сложных видов техники: авиационной техники, систем управления и контроля объектов ядерной энергетики и др.

## Литература

1. Москалева Л.И. Системы управления качеством продукции. Зарубежный опыт - М.ВНИИКИ, 1992 – 68с.
2. ДСТУ 3974-2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Правила выполнения опытно-конструкторских работ. Общие положения. Держстандарт України. Київ. 2001
3. Гиссин В.И. Управление качеством продукции - Ростов на Дону. Феникс, 2000 – 256с.

Поступила в редакцию 12.10.03

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор, Нефедов Леонид Иванович, ХНАДУ, г.Харьков