УДК 621.37/.39:338

СИСТЕМНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В СЛУЖБЕ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В.В. Маслов

Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» – НИИИС им. Ю.Е. Седакова
603951, г. Н. Новгород, ул. Тропинина, д. 47

Микроэлектроника как область деятельности рассматривается в виде сложной системы и к ней применяются методы системного подхода. Из множества системных принципов выделены пять основополагающих принципов. Показано, что без их соблюдения невозможно эффективное функционирование микроэлектроники. Пять системных принципов адаптированы к предметной области микроэлектроники. Системные принципы и системный подход должны применяться ко всем сегментам жизненного цикла изделий микроэлектроники.

Ключевые слова: микроэлектроника, организация управления, системные принципы, жизненный цикл

Сведения об авторе: Маслов Вячеслав Викторович, главный научный сотрудник, vMaslov@niiis.nnov.ru

SYSTEM PRINCIPLES OF MANAGEMENT ORGANIZATION IN MICROELECTRONICS SERVICE

V.V. Maslov

Branch of Federal State Unitary Enterprise "Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics" "Research Institute of Measuring Systems named after Yu. Ye. Sedakov", Nizhny Novgorod, Russia

Microelectronics as an activity area is considered as a complex system, and system approach methods are applied to it. Five basic principles are chosen of the system principles variety. It is shown that microelectronics efficient functioning is impossible without following them. The five system principles are adopted to the subject field of microelectronics. The system principles and the system approach should be applied to all segments of microelectronics product life cycle.

Keywords: microelectronics, management organization, system principles, life cycle

Authors: Vyacheslav V. Maslov, chief research officer, vMaslov@niiis.nnov.ru

Введение

Системотехника – синтетическая наука, которая интегрирует в себе и область знаний, и сферу деятельности со всеми её характеристиками и процессами, и прикладную дисциплину, направленную на получение конечного результата. Поэтому предметом системотехники может являться любая сложная система, обладающая выраженными «системными свойствами» [1]. Системотехника является действенным инструментом, когда другие методы и подходы неприменимы. «Признание важности системы и умение работать внутри этой системы – основа успеха» (У.Э. Деминг) [4]. Но для начала нужно построить эту систему.

Микроэлектроника как область деятельности человека оперирует огромным числом исходных и получаемых в процессе деятельности данных, а также неконтролируемых и неуправляемых факторов, влияющих как на ход процесса, так и на его результат, обусловленных сложностью и многовариантностью связей, переходов и зависимостей всех составляющих процесса. В свою очередь это приводит к большой вариантности как состояний системы и принимаемых решений в процессе создания конечного продукта, так и возможных исходов и реализаций промежуточных состояний этого процесса (системы).

В общем контексте микроэлектронику можно интерпретировать как объективное единство закономерно связанных между собой объектов, ресурсов, явлений, действий и процессов, приведённых во взаимодействие по установленным правилам и нормам для выполнения поставленной

задачи – получение конечного продукта. Таким образом, микроэлектроника представляет собой сложную систему, инструментом для изучения и управления которой могут быть только системный подход и системный анализ.

В настоящей работе даются формулировка и трактовка пяти основных системных принципов, без применения которых невозможно построить эффективную организационную структуру специальной микроэлектроники. Указанные принципы адаптированы к предметной области и характерным особенностям специальной микроэлектроники.

Общие предпосылки

Микроэлектроника как предметная область и область деятельности специалистов различных специальностей отвечает всем признакам и чётко выраженным свойствам сложной системы – большая совокупность взаимодействующих объектов различной природы, связанных определёнными правилами и информационными и управляющими потоками. С другой стороны, микроэлектроника, если её представить как область действия, включает в себя функционально законченные подсистемы, которые также отвечают понятию сложная система и являются предметом системного подхода (анализа). Специальная микроэлектроника существенно отличается от «обычной» дополнительными более жесткими требованиями не только к функционалу, параметрам, стойкости и надёжности продукта, но и к методологии проектирования, технологии, производству и испытаниям, существенно усложняя и до того сложную систему.

Создавать универсальные теории для каждой сложной системы немыслимо в силу практических ограничений по времени и ресурсам. Это задача неблагодарная и непосильная, и, по большому счёту, неизвестны прецеденты создания таких теорий в виде точных математических моделей. Это же в полной мере относится и к отдельным составным частям микроэлектроники.

При системном подходе для представления микроэлектроники как единой сложной системы должны быть описаны и формализованы в виде локальных нормативов все этапы создания конечного изделия (или все этапы жизненного цикла). При этом на каждом этапе конечное изделие уже существует в той или иной форме (модель, отражающая какие-то функции и параметры, электрическая схема, топология, конструктивно-технологическое решение, тестовые структуры для отработки проектных решений и др.). Совершенно очевидно, что свойства и поведение микроэлектроники как сложной системы не формализуемы прямым решением вследствие большой размерности задачи, её многокритериальности и многообразия целей внутри самой системы. Ситуация усложняется наличием в системе субъективной информации (антропогенность), неконтролируемых факторов и энтропии (рассеяния). Под энтропией в контексте данного вопроса понимается неупорядоченность (рассеяние, хаотичность) вблизи состояния равновесия или детерминированного состояния в фиксированный момент времени. И только её многоуровневая декомпозиция (расчленение) по иерархическому или иному принципу

на составляющие подсистемы позволит решать задачу управления сложной системой по восходящему принципу. Чрезвычайно важным является принцип и направления декомпозиции системы. Критерием здесь может быть однородность параметров и явлений. Однако это не единственный подход. Существенную роль при этом, а иногда определяющую, играют опыт и интуиция специалиста.

Микроэлектроника как система проявляется как целостный материальный объект, представляющий собой закономерно обусловленную совокупность функционально взаимодействующих элементов. Основные свойства системы проявляются через целостность, взаимодействие и взаимозависимость процессов преобразования вещества, энергии и информации, через её функциональность, структуру, связи, внешнюю среду и пр.

Для применения системного подхода к процессу управления микроэлектроникой как областью деятельности необходимо учитывать все этапы жизненного цикла конечного изделия. Разрыв в единой цепи жизненного цикла изделия может привести к потере информации, важной для принятия решений и управления, и, как результат, к неуправляемости системы. В наихудшем случае это может привести к полной деградации и распаду системы. Такая ситуация может реализоваться при наличии в системе «патологий» типа размытость и неопределённость функций и ответственности в отдельном звене (звеньях) или в системе в целом.

Общей задачей микроэлектроники является выполнение скоординированного

целенаправленного комплекса работ по созданию законченного продукта, характеризующегося заданными функционалом и параметрами. С другой стороны, функциональное наполнение и параметры изделия определяются требованиями и являются частью функционала и параметров изделия применения и в итоге конечного изделия. При этом наблюдается усиливающаяся тенденция переноса максимально возможного функционального наполнения электронного прибора (системы) в изделия микроэлектроники, а также обеспечения их надёжности и стойкости за счёт микроэлектронных компонентов.

С другой стороны, создание универсальной системной модели для специальной микроэлектроники в целом нецелесообразно, так как в каждой ограниченной предметной области микроэлектроники имеется своя специфика. Кроме того, как правило, элементы сложной системы из разных предметных областей микроэлектроники пересекаются и взаимодействуют слабо. И представляется нецелесообразным тратить силы, время и труд на создание чего-то очень большого и общего. Поэтому представляется чрезвычайно важным на первом этапе формулирование общих системных принципов при построении и управлении в конкретной предметной области микроэлектроники, отражающих специфику микроэлектроники как сферу деятельности специалистов.

Принцип – это обобщённые опытные данные, закон действий, найденный из наблюдений. Проще говоря, принцип – это концентрированный и упорядоченный опыт, результат практической деятельности профессионалов, постоянно и непре-

рывно применяемый метод. Поэтому их состоятельность связана только с фактом и априорной информацией. Из принципов путём логико-математического рассуждения получают (в применении к конкретным техническим областям) необходимые частные методы и решения, охватывающие в сумме всю область деятельности и составляющие единую систему. По сути, принципы определяют единственно правильные методы и подходы при управлении сложной системой. Результаты такого рода деятельности необычайно устойчивы и стабильны, они построены из самого добротного материала – опыта и интуиции профессионалов. Поэтому вторым (после представления микроэлектроники как сложной системы и применения в управлении системного подхода) являются принципы системообразования, функционирования и управления (системные принципы).

В дисциплине системного подхода великое множество системных принципов. Это зависит от предметной области функционирования сложной системы, её предназначения, характеристик, целей и др. Но есть системные принципы общие и обязательные для построения любой сложной системы. Ограничимся рассмотрением основополагающих системных принципов, адаптированных к предметной области специальной микроэлектроники и играющих ключевую роль.

Для дальнейшего рассмотрения микроэлектроники как области деятельности и принципов её организации и управления ограничимся конкретной предметной областью, к которой относится специальная микроэлектроника, основными специфици-

ческими моментами которой являются повышенные требования по надёжности и стойкости и особые требования к управлению и организации. Это в свою очередь накладывает ограничения на область варьирования всех переменных как внутри систем в целом, так и входящих в неё структурных компонентов. С другой стороны, это определяет и специфику, и приёмы профессиональной деятельности.

Характерными особенностями специальной микроэлектроники для конкретной организации являются:

1. Многономенклатурность. Обеспечение производства более полного комплекта микросхем для построения приборов и систем специального назначения возможно при наличии нескольких базовых и частных технологических процессов. Отличие состоит как в маршруте изготовления, так и в режимах отдельных технологических операций. С другой стороны, имеются отличия и в процессах проектирования и испытаний. Это в свою очередь приводит к необходимости перестройки методологии проектирования и технологической линии при реализации как проекта, так и серийного производства, вносит элемент нестабильности как в производство изделия, так и весь жизненный цикл каждого изделия.

2. Малые партии. Малый объём статистических выборок чрезвычайно затрудняет статистическую обработку результатов реализации процесса и существенно снижает информативность и эффективность статистического регулирования. При этом затруднён процесс выявления негативных зависимостей и тенденций. В некоторых случаях этот процесс вообще невозможен.

3. Неритмичный, прерывистый характер процессов (по классификации нормативных документов [2]). Такой характер системы порождает трудности планирования, диспетчеризации и контроля, неравномерность загрузки оборудования, ресурсов и персонала. Требуется значительные усилия по маневрированию ресурсами и кадрами. В большинстве случаев в соответствии с [2] имеет место заведомая нерентабельность производства. С другой стороны, необходимость даже в нерентабельном производстве вытекает из обязательности обеспечения экономической независимости и мобилизационной готовности производить необходимые микросхемы в любое время в течение всего жизненного цикла конечного изделия применения интегральных микросхем.

4. Размытость (подвижность) границ предметной области. Образуется зона неопределённости при принятии технических решений, в которой должны быть разработаны алгоритмы поведения и реагирования в зависимости от сложившейся ситуации. При этом возможна необходимость коррекции и технологии и проекта. Однако наилучшим выходом является разработка универсальной модели поведения, позволяющей обходить эту зону и не попадать в безвыходные и неопределённые ситуации.

5. Динамичность. Переход с одного проекта на другой и с одного технологического процесса на другой, изменчивость требуют соответствующей перестройки. При этом необходимо учитывать и планировать время на установление режимов и время выхода из режимов. Возрастает

объём контрольных процессов и работ технического регламента. Время для этого должно быть минимизировано – это непроизводительные затраты временных и трудовых ресурсов.

6. Зависимость от надсистемы (внешней инфраструктуры). Внешняя инфраструктура, в среде которой функционирует микроэлектроника как сложная система, живёт, функционирует и развивается по своим законам и правилам. Не всегда правила и законы внешней надсистемы настроены на специфику специальной микроэлектроники, не всегда оптимальны, а иногда и неприменимы для микроэлектроники. Для разрешения этого противоречия необходим интерфейс для взаимодействия надсистемы и системы при доминирующем приоритете надсистемы.

С учётом вышесказанного попытаемся сформулировать основные системные принципы построения микроэлектроники как сложной системы, а также возможные пути их реализации. С другой стороны, обозначим «патологии», которые могут привести к существенному снижению эффективности и к деградации систем. Также сформулируем «смертельные опасности», приводящие к распаду и прекращению функционирования системы. Каждый системный принцип, применяемый правильно, уже даёт эффект. Но эффект возрастает, если эти принципы (хотя бы основные) применяются в комплексе. Тогда они превращаются в единую систему принятия решений и управления в специальной микроэлектронике, позволяющую более эффективно и динамично руководить самой наукоёмкой отраслью техники, которой является микроэлектроника.

Принцип Генеральной (конечной, глобальной) цели

Этот принцип – абсолютный приоритет Генеральной цели. Это то, ради чего микроэлектроника как сложная система создана и чему она должна подчиняться на всех уровнях её иерархии, это то, по чему будет оцениваться её результат и эффективность функционирования. Все частные цели, конкретные задачи в конкретный период времени должны быть подчинены Генеральной цели. Правила и нормативы при взаимодействии элементов этой сложной системы должны соответствовать Генеральной цели. В совокупности с концентрированными знаниями, опытом и достижениями в микроэлектронике Генеральная цель является парадигмой – господствующей и единственной идеей. Генеральная цель – это формальное документированное описание конечных результатов. С другой стороны, это осознанное детерминированное представление о конечном результате функционирования микроэлектроники как сложной системы, которое достигается путём направленных действий с участием всех ресурсов процесса. Таким образом, без Генеральной цели специальная микроэлектроника как сложная система аморфна и неуправляема. Генеральная цель связывает воедино функционирование всех составных частей и иерархических уровней в микроэлектронике. Расплывчатая, неверно сформулированная и неопределённая (хотя бы частично) цель ведёт к неопределённости конечного результата. Цель является источником точного определения критериев для оценки функционирования всех частей микроэлектроники.

При проведении системного анализа микроэлектроники как сложной системы для формирования Генеральной цели необходимо в первую очередь чётко сформулировать цель функционирования и предназначения с однозначными, не допускающими толкования и различного понимания трактовками. Расплывчатые, не полностью определённые формулировки влекут за собой неверные выводы и неоднозначное понимание принципов и правил функционирования. В процессе анализа и формирования Генеральной цели системы следует определить её основные существенные свойства, показатели качества и критерии оценки. При синтезе системы (например, в виде иерархической организационной структуры) любая попытка изменения или совершенствования должна оцениваться относительно того, помогает или мешает она достижению конечной цели. Для определения эффективности функционирования системы надо представить её как часть более общей и проводить оценку внешних свойств системы относительно целей и задач суперсистемы (системы более высокого порядка) в данном случае предприятия в целом, в составе которого функционирует микроэлектроника.

Для микроэлектроники как организационной системы $\{A\}$ удобно в определении системы учитывать следующее:

$$\{A\} = (\{P\}, \{R1\}, \{R2\}, \{X\}, \{Y\}, \{D\}, \{S\}, \{V\}, \{D1\}, \{E\}),$$

где $\{P\}$ – множество целей и планов (заданий); $\{R1\}$ – внешние ресурсы и их характеристики; $\{X\}$ – внутренние ресурсы и их

характеристики (физические возможности); $\{Y\}$ – исполнители, их квалификация, опыт, интуиция, субъективная составляющая; $\{D\}$ – процесс и множество его характеристик; $\{S\}$ – помехи и множество неконтролируемых воздействий; $\{V\}$ – инструментальный контроль и анализ; $\{D1\}$ – принятие решений, управляющие и корректирующие воздействия; $\{E\}$ – эффект (результат).

Результат функционирования системы представляет собой эффект от воздействия оператора F на всю систему:

$$\begin{array}{c} F \\ \Downarrow \\ \{A\} \longrightarrow \{E\}. \end{array}$$

Принцип системного единства (целостности)

Этот принцип является основополагающим принципом, который обеспечивает стабильность, равновесие при возмущающих воздействиях извне и управляемость сложной системы. Принцип определяет микроэлектронику как нечто выделенное из совокупности других объектов и процессов, выступающее единым целым к остальной среде в деятельности предприятия, имеющее свои специфические функции и функционирующее и развивающееся по свойственным ему законам. С другой стороны, микроэлектроника как система является организованной целенаправленной совокупностью составных частей (элементов, процессов, подсистем и др.), находящихся во взаимодействии и составляющих системное единство. Задача понимания системной целостности микроэлектроники в конкретной области состоит

в том, чтобы выявить эти составные части, их характер, функции и др., определить структуру, которая связывает воедино эти элементы, определить характер связей и взаимодействия. Понимание и владение этой информацией позволят целенаправленно управлять микроэлектроникой как сложной системой, воздействовать на её связи и влиять на взаимодействие составных частей на всех уровнях иерархии.

Выполнение принципа системного единства является основой управления. Любые управляющие воздействия, вмешательства не должны приводить к нарушению этого принципа. В противном случае могут возникать барьеры, ограничения, неопределённости и «патологии», которые являются источником нестабильности, разрыва связей и в конечном итоге дестабилизации системы и в самом худшем случае её распада. К сожалению, в микроэлектронике иногда имеют место целенаправленные барьеры и дестабилизирующие воздействия, создаваемые конкретными людьми исходя из бюрократических побуждений. Имеет место и проявление саботажа.

Особое место в микроэлектронике занимает «патология» типа «противоречие разработчик-технолог-производство» (рис. 1). Каждый считает свою часть общей работы выполненной хорошо, а проблемы это чьи-то. В результате образуется разрыв в системе и долгое выяснение отношений. Область, в которой это противоречие разрешается, легко формализуется и достаточно привести алгоритм взаимодействия в виде локального нормативного документа. Однако остаётся «треугольник», который можно предельно уменьшить,

но полностью исключить его невозможно, т.к. остаётся субъективная составляющая во взаимоотношениях между работниками разных подсистем или элементов. В этом случае необходим алгоритм разрешения противоречия с участием арбитра, роль которого может выполнять наиболее квалифицированный специалист, авторитет которого общепризнан. Но роль такого арбитра не должен брать на себя руководитель, волевые решения могут привести к недоверию. Но и в этом случае останется пусть небольшая область полной неопределённости, где никакой алгоритм не работает и урегулирование невозможно. В этом случае нужна методика блокирования этой области и исключения попадания в неё.

Осуществление принципа системного единства в микроэлектронике приводит к способности сложной системы лучше противостоять возмущающим и дестабилизирующим воздействиям как внешней среды, так и внутренних негативных проявлений.

Второе положительное качество, которым микроэлектроника как единая система обладает, заключается в большей результативности, чем простая сумма отдельных её частей, функционирующих независимо, проявляя таким образом синергетический эффект.

Таким образом, жизнеспособность и эффективность функционирования микроэлектроники возможна только при соблюдении принципа системного единства.

Принцип информационной замкнутости (информационного единства)

Этот принцип выражается прежде всего как обязательность обеспечения необходимой документированной информацией

Рис. 1

«Патология» типа «разработчик-технолог-производство»

для функционирования как каждого элемента системы, так и осуществления связей между элементами на всех уровнях иерархии. Информация должна отвечать следующим требованиям: достаточность, актуальность, достоверность.

В случае недостаточности информации невозможно получить прогнозируемый результат функционирования системы. В случае отсутствия актуальности информации полученный результат не будет соответствовать заданным требованиям и не будет востребован. В случае недостоверной информации результат вообще не может быть получен.

Как правило, в микроэлектронике весь процесс функционирования на всех уровнях иерархии можно представить в виде линейной цепочки процессов, действий

и событий. В этом случае информация, полученная на предшествующем звене цепи, является исходной для последующего звена. Отсюда вытекает необходимость контроля результатов предыдущей операции, чтобы выполнялись указанные выше требования для последующей операции. При этом по ходу жизненного цикла изделия микроэлектроники объём информации увеличивается и в конечном итоге мы имеем всю ретроспективную информацию как о ходе проектирования изделия, так и о ходе изготовления и испытаний. Накопленная таким образом информация подлежит анализу. При этом выявляются негативные проявления и события, тенденции, разрывы в информационных потоках и др. Целью этого процесса является переход на новый виток жизненного цикла

изделия через устранение негативных тенденций и проявлений и в конечном счёте улучшение качества изделия. Это, в свою очередь, выполнение одного из основополагающих требований системы менеджмента качества «непрерывное улучшение».

Очень важно, чтобы информационные потоки при переходе с одной операции жизненного цикла на другую не прерывались и в конечном итоге замыкались в кольцо (петлю качества) Деминга [4]. Под петлей качества в соответствии с международными стандартами менеджмента качества понимают замкнутый в виде кольца жизненный цикл продукции, включающий следующие основные этапы: проектирование и разработку технических требований, разработку продукции; подготовку производства и разработку технологии и производственных процессов; производство; контроль, испытания и исследования. Учитывая то, что жизненный цикл изделия не охватывает эксплуатацию и анализ результатов эксплуатации, назовём описанный жизненный цикл малым кольцом Деминга. В практической деятельности в целях планирования, контроля, анализа и пр. эти этапы могут разбивать на подсистемы. Важным здесь является обеспечение целостности процессов управления качеством и информационного единства на всех этапах жизненного цикла продукции.

Что необходимо для обеспечения информационного единства при реализации жизненного цикла изделий микроэлектроники? В первую очередь обеспечение единства объёма и форм представления информации на всех этапах, подэтапах и операциях. Во вторую очередь необходимы унификация и совместимость

информационных единиц и потоков информации в рамках всей системы. В-третьих, функции и модели преобразования информации при реализации очередного процесса должны быть детерминированы и чётко определены. При этом «информационный вход» последующей операции должен совпадать в точности с «информационным выходом» предыдущей операции. В результате должно быть достигнуто единство и замкнутость всей информационной модели управления микроэлектроникой во всём пространстве жизненного цикла микроэлектронного изделия.

Принцип системного развития

Существует правило, закон, из которого следует: система живёт до тех пор, пока она развивается. Остановка в развитии означает начало деградации и умирание. Принцип энтропии – изолированная (закрытая) система погибает. Все реальные, эффективно функционирующие системы – открытые. Принцип развития – это учёт изменяемости системы, её способности к развитию, адаптации, расширению, замене частей, накоплению информации. В основу синтезируемой системы требуется закладывать возможность развития, наращивания, усовершенствования. Обычно расширение функций предусматривается за счёт обеспечения возможности включения новых модулей, совместимых с уже имеющимися. Иногда этот принцип называют принципом изменения (историчности) или открытости. Для того чтобы система функционировала, она должна изменяться, взаимодействовать со средой.

Развитие, как правило, реализуется путём целенаправленных и контролируе-

мых воздействий на систему и её составные части, а деградация является естественным процессом, обусловленным внутренними причинами. Отсюда следует, что пока существует целенаправленное воздействие на систему, она будет развиваться. Если прекратить такое воздействие, то система будет деградировать, что приведёт в конечном итоге к дезорганизации и деструкции (распаду).

Развитие системы обязательно сопровождается изменением её целей, изменением структуры, оптимизацией управляющих связей и информационных потоков. Другими критериями развития системы являются: увеличение порядка, рост организованности, увеличение объёма информации, снижение энтропии системы.

Что значит «система не развивается»? Это значит, она находится в состоянии равновесия с окружающей средой (надсистемой). Применительно к микроэлектронике в состоянии равновесия: с инфраструктурой, поддерживающей и обеспечивающей её существование и функционирование; с постоянно меняющимся внешним информационным фоном, уровнем знаний и опыта; с меняющимися требованиями потребителей продукции и условиями рынка и др.

Даже если бы окружающая среда (надсистема) была стабильна, в системе должна была бы выполняться работа по поддержанию необходимого уровня жизнедеятельности самой надсистемы. Это связано с неизбежными моральным и физическим старением оборудования, информационными сбоями и потерями. Если же учесть, что окружающая среда всегда нестабильна и изменчива и этот процесс

неконтролируемый, труднопрогнозируемый и трудноуправляемый, то даже для того, чтобы эффективно решать одну и ту же задачу, системе со временем надо совершенствоваться, изменяться в соответствии с изменяющимися условиями надсистемы, окружающей среды.

Из всего этого можно сделать глобальный вывод: выживаемость системы, равно как и её долголетие и эффективность функционирования напрямую зависят от темпов и направления развития.

Развитие микроэлектроники определяется только внешними воздействиями (модернизация оборудования, внедрение передовых технологий и новых конструктивно-технологических решений, накопление опыта и знаний и их эффективное использование, повышение кадрового и организационного потенциала). Деградация же определяется как внутренними (старение оборудования, ухудшение технологической и исполнительской дисциплины, проявление организационных патологий и др.), так и внешними негативными воздействиями (отток квалифицированных кадров, недружественная рыночная среда, кризисные явления в стране и др.).

Процесс системного развития (развития составных частей и системы в целом) должен осуществляться целенаправленно, планомерно и обеспечиваться организационной системой, реализующей три контура управления в микроэлектронике:

– планирование и управление поддержанием и развитием ресурсов микроэлектроники (регламентно-профилактические работы, текущий и капитальный ремонт, модернизация, оптимизация и стабильность взаимодействия с надсистемой);

– планирование и управление основным жизненным циклом создания продукции (поддержание и улучшение уровня технологии, технологической и исполнительной дисциплины, электронной гигиены, процента выхода годных изделий, совершенствование методик отбраковочных испытаний и др.);

– анализ требований потребителей и освоенного сегмента рынка, освоение новых сегментов рынка (новых типов и классов изделий), повышение качества продукции по принципу «опережение ожидания потребителя».

Все три контура управления в сложной системе пересекаются и взаимодействуют, образуя единый сложный контур управления. Влияя внешними воздействиями на систему критериальных параметров в этом контуре управления, мы обеспечиваем целенаправленное развитие сложной системы в нужном нам направлении и с нужным темпом. Воздействием на систему критериальных параметров направление развития должно быть направлено к состоянию «идеальности». При этом могут динамично меняться цели и приоритеты. Реализуя таким образом системный принцип развития микроэлектроники, мы обеспечиваем не только эффективность, но и «долгожительство» системы. В этот процесс должны быть вовлечены все составные части системы.

Принцип развития – это учёт изменяемости системы, её способности к развитию, адаптации, расширению, замене частей, накапливанию информации. В основу синтезируемой системы требуется закладывать возможность развития, наращивания, усовершенствования. Обычно

расширение функций предусматривается за счёт обеспечения возможности включения новых модулей, совместимых с уже имеющимися. Отдельные авторы [5] этот принцип называют принципом изменения (историчности) или открытости. Для того чтобы система функционировала, она должна изменяться, взаимодействовать со средой, адекватно реагировать на негативные воздействия как внутренние, так и внешние.

Принцип максимальной функциональной замкнутости

Принцип функциональности – это совместное рассмотрение структуры и функции с приоритетом функций над структурой. Принцип утверждает [5], что любая структура тесно связана с функцией системы и её частей. В случае придания системе новых функций полезно пересматривать её структуру, а не пытаться втиснуть новую функцию в старую схему.

Этот принцип предполагает создание такой иерархической структуры, при которой любое более крупное (старшее) объединение делится на более мелкие (младшие) объединения по функциональному признаку.

Принцип максимальной функциональной замкнутости предполагает, что каждое структурное объединение способно функционировать без привлечения каких-либо структур, размещённых в других структурных объединениях. Говоря о возможности функционирования без привлечения других структур, мы имеем в виду функциональные и информационные аспекты. Для выполнения важных, но вспомогательных функций, например, для обеспечения

электропитания, могут привлекаться элементы других уровней. При этом продукт деятельности любой структурной единицы в микроэлектронике должен быть прогнозируем, измерим и являться исходным или необходимым для функционирования другой структурной единицы.

Необходимость обеспечения максимальной функциональной замкнутости выдвигает два следующих правила ранжирования младших структурных объединений к старшим.

Каждая старшая структурная единица в микроэлектронике должна включать в свой состав те младшие структуры, функционирование которых при невозможности их полной автономии обеспечивается другими младшими структурными объединениями, принадлежащими этому старшему структурному объединению. Отсюда полный функционал старшей структурной единицы как минимум должен быть суммой функций младших. В лучших случаях должен присутствовать синергетический эффект, когда полный функционал старшей по иерархии структурной единицы микроэлектроники больше чем простая арифметическая сумма функций младших. Наличие такого эффекта свидетельствует об эффективности и стабильности микроэлектроники как сложной системы.

Каждое старшее структурное объединение должно включать в свой состав те младшие, которые обеспечивают функционирование этого старшего объединения. Кроме того, могут включаться в состав и младшие структурные единицы, которые обеспечивают функционирование с наибольшей эффективностью. К таким

структурным единицам могут относиться службы по регламентным и профилактическим работам, службы оперативного материального обеспечения (не путать со службой снабжения) и т.д. Это обеспечит более тесное и оперативное взаимодействие младших структурных единиц в составе старших, исключит непроизводительные затраты труда и времени на переписку и организацию. Должно обеспечиваться взаимодействие по принципу распознающего автомата.

При построении системы организации и управления микроэлектроникой необходимо помнить, что все функции любого уровня иерархии в конечном итоге должны быть тесно связаны с главной функцией системы в целом, не допуская разрывов, петель и циклов в главном функционале. Под главным функционалом будем понимать совокупность целенаправленных действий всей системы микроэлектроники для получения конечного продукта с заданными требованиями по установленным правилам (законам, нормативам).

Немаловажным является включение в функционал микроэлектроники в целом взаимодействия с внешней средой, надсистемой (принцип системного включения). При этом важно функционально обеспечивать устойчивость микроэлектроники системы при негативных проявлениях со стороны внешней среды (системная устойчивость). Негативные проявления могут быть опасны как для микроэлектроники в целом, так и для её составных частей (структурных единиц). В предельном (наихудшем) случае обеспечение жизнеспособности и стабильности системы – одна из её важнейших функций.

Принцип системной информационной замкнутости накладывает определённые требования к функционалу как микроэлектроники, так и её структурных составных частей. В первую очередь чётко определённые и нормированные «входы» и «выходы» каждой элементарной функции. С другой стороны, элементарные функции должны отвечать требованиям контролируемости (измеримости) для оценки и контроля правильности и эффективности результата.

Как и любая динамично развивающаяся область деятельности микроэлектроника и её полный функционал непрерывно меняются. Изменения могут происходить как в улучшении элементарных функций, так и в улучшении функционала структурных единиц и системы в целом – это один из основных принципов системы менеджмента качества. Но развитие функционала возможно и добавлением (наращиванием) новых функций, и усложнением имеющихся. Главное, чтобы при этом не пересечь так называемую грань «старения» системы, когда множество и усложнение функций становятся тормозом, требуют больших затрат труда, времени и ресурсов.

В сложной системе микроэлектроники кроме функций, направленных на достижение результата, должны присутствовать функции, направленные на обеспечение стабильности системы. Особенно это важно при негативных внешних воздействиях в рамках не только предприятия, но и государства в целом (социально-экономические потрясения, кризисы и др.). Показателями эффективности стабилизирующих функций является время релаксации, затухания колебаний, вызванных

дестабилизирующими воздействиями, и установление гомеостатического равновесия.

Здесь существует опасность имитации стабилизации посредством внешнего давления, чего необходимо всемерно избегать посредством контроля эффективности, особенно в тех случаях, когда давление носит нормативный, престижный или конъюнктурный характер. Инструментом преодоления этой опасности здесь являются только опыт и интуиция руководителя.

Полностью сформулированный и нормализованный функционал микроэлектроники как сложной системы является основой и исходной информацией для формирования оптимальной и эффективной иерархической структуры организации и управления.

Заключение

Системные принципы обладают очень высокой степенью общности. Для непосредственного практического применения в данной работе системные принципы организации управления адаптированы к предметной области специальной микроэлектроники и являются основополагающими. Все другие системные принципы либо являются составными частями, либо реализуются при взаимодействии пяти принципов. Применение этих принципов является залогом эффективной организации и управления микроэлектроникой. Эффект применения системных принципов существенно возрастает, если они применяются в комплексе. Структура, информационные и управляющие связи между подразделениями микроэлектроники,

взаимодействие с надсистемой и управление ресурсами должны подчиняться пяти системным принципам.

Возможно, какие-то положения данной работы являются спорными и дискуссионными. Мнения специалистов в области организации и управления в микроэлектронике будут весьма полезны и интересны.

Литература

1. Дружинин, В.В. Системотехника / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.
2. **ГОСТ РВ 20.57.418-98.** Комплексная система качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Обеспечение, контроль качества и правила приёмки изделий единичного и мелкосерийного производства: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утверждён и введён в действие Постановлением Госстандарта России от 24 декабря 1998 г. N 455: введён впервые / подготовлен 22 ЦНИИИ Минобороны России и РНИИ «Электронстандарт». – Москва: Госстандарт России, 1999.
3. Бескровный, И.М. Методы и модели управления перспективным развитием хозрасчётного НПО / И.М. Бескровный, В.И. Моторин, З.Н. Чиликина. – М.: Минрадиопром, 1989. – 131 с.
4. Эдварс Деминг. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Эдварс Деминг; перевод с англ. Ю. Адлер, В. Шпер. – 5-е изд. – М.: Альпина

Паблишер, 2012. – 620 с.

5. Волкова, В.И. Основы теории управления и системного анализа: учебное пособие / В.И. Волкова, А.А. Денисов. – изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 447 с.

References

1. Druzhinin V.V., Kontorov D.S., Sistemotekhnika [System Engineering]. Moscow, Radio i svyaz', 1985, 200 p.
2. GOST RV 20.57.418-98. Kompleksnaya sistema kachestva. Izdeliya elektronnoy tekhniki, kvantovoi elektroniki i elektrotekhnicheskiye voennogo naznacheniya. Obespecheniye, kontrol' kachestva i pravila priemki izdelii edinichnogo i melkoseriynogo proizvodstva [Integrated quality system. Products of electronic equipment, quantum electronics and electrical equipment of military application. Assurance, quality control and acceptance rules for products of single and small-scale production]. Moscow, Gosstandart Rossii, 1999.
3. Beskrovniy I.M., Motorin V.I., Chilikina Z.N. Metody i modeli upravleniya perspektivnym razvitiem khozraschetnogo NPO [Methods and models for managing the long-term development of self-supporting scientific and production enterprise]. Moscow, Minradioprom, 1989, 131 p.
4. Deming E. Vykход iz krizisa. Novaya paradigma upravleniya lyud'mi, sistemami i protsessami [Way out of the crisis. A new paradigm for managing people, systems and processes]. Moscow, Al'pina Publisher, 2012, 620 p.
5. Volkova V.I., Denisov A.A., Osnovy teorii upravleniya i sistemnogo analiza [Fundamentals of management and system analysis theory]. Saint-Petersburg, Saint-Petersburg State Institute of Technology, 1997, 447 p.