

# Переход от контроля качества к системе обеспечения качества

**Известно, что затраты на обеспечение качества могут составлять от 25 до 40% от стоимости продукции. Из-за плохого качества теряется до 25% площадей производственных помещений, до одной трети рабочей смены и до половины оборотных средств. В данной статье авторы попытались обобщить подходы к системе обеспечения качества на основе международных стандартов ИСО9000 и выделить особенности систем обеспечения качества в Японии, США и России.**

**Митрофан Горлов,  
д. т. н.**

**Андрей Строгонов,  
к. т. н.**

andreis@hotmail.ru

**Алексей Арсентьев**

sci.Aleksei@mail.ru

**Дмитрий Ануфриев**

## Введение

Устранение дефектов обходится тем дороже, чем дальше по процессу производства осуществляется это устранение. Если устранение дефектов происходит после того, как изделие полностью изготовлено, это, помимо повышенной стоимости устранения, чаще всего вредит также оценке изделия потребителем. Так как производственные процессы, как правило, имеют некоторую долю нестабильности, должны быть предусмотрены превентивные методы, направленные на то, чтобы устранить возможное влияние этой нестабильности на надежность и качество изделий, чтобы из производства, даже с учетом его нестабильности, выходили безусловно надежные изделия. Повышение управляемости производственного процесса позволяет повышать качество и надежность изделий при меньших затратах и меньших запасах по характеристикам изделий.

Зарубежные фирмы, постоянно работающие над повышением качества выпускаемых полупроводниковых изделий (ППИ), считают, что в работе по повышению качества изделий в процессе производства нет второстепенных факторов. Это, например, строгое выполнение установленного технологического процесса (ТП), проведение мероприятий, направленных на повышение культуры производства, установление значений на любые входные и выходные параметры «от — до», а не «менее» или «более», применение контрольно-измерительной аппаратуры, позволяющей точно определять значения параметров, а не отвечать на вопрос «годен — не годен», повышение автоматизации производства, компьютерное управление и анализ производства и т. д.

Обеспечение качества в настоящее время является обязательным условием каждого производства. Система обеспечения качества предусматривает гораздо большее воздействие на изделия, чем это пре-

дусматривается при контроле качества. Нередко под контролем качества понимают только контроль и испытания изделий, хотя технология изготовления оказывает значительно большее влияние, чем конечные операции по изготовлению изделий.

Система обеспечения качества решает многие задачи, которые возникают как в процессе создания изделий, так и при их изготовлении и испытаниях. Обеспечение качества должно носить систематический характер.

Почти все функционирующие системы обеспечения качества имеют приблизительно одинаковую структуру и содержат следующие элементы: обеспечение качества во время проектирования, разработка технической документации; закупка, снабжение, поставка комплектующих от смежников, маркировка и контроль качества; средства контроля, результаты контроля, исследование дефектной продукции, разработка мероприятий; упаковка, складирование, отправка, транспортировка, документация по качеству, наблюдение за уровнем качества после отправки; обучение сотрудников; статистические методы.

## Международные стандарты ИСО9000 по системам качества

Международные стандарты ИСО9000 отвечают общей мировой тенденции, направленной на удовлетворение ожиданий потребителей (покупателей) по качеству изделий. Кроме того, они отражают все более четкое понимание в промышленных кругах того, что непрерывное повышение качества — необходимая предпосылка для успеха на рынке. Эти стандарты содержат требования к системе качества: руководящие указания по управлению качеством и модели обеспечения качества.

Модели обеспечения качества, которые описаны в трех международных стандартах ИСО9001, ИСО9002, ИСО9003, имеющих общее название «стандарты ИСО9000», представляют собой три различные формы требований к системе качества как при проектировании, так и при производстве и окончательном контроле и испытаниях. Эти стандарты носят общий характер и не зависят от конкретной отрасли промышленности.

Основной целью любого производства является обеспечение качества выпускаемой продукции. Для достижения этой цели производство должно держать под контролем все технические, административные и человеческие факторы, влияющие на качество изделий. Такой контроль направлен на сокращение, устранение и, главное, предотвращение несоответствий установленным в технических условиях на изделия требованиям.

Как правило, система качества охватывает два взаимосвязанных аспекта: запросы и ожидания потребителя, запросы и ожидания изготовителя. Каждый из этих аспектов системы качества требует предоставления объективной информации и данных, касающихся качества системы и качества продукции.

В соответствии со стандартом ИСО9000, при производстве полупроводниковых изделий, например, изготовитель должен разработать документацию, оформить и поддерживать в рабочем состоянии систему качества как средство, обеспечивающее соответствие изделий требованиям технических условий. Для этого изготовитель должен разработать руководство по качеству, охватывающее требования соответствующего международного стандарта ИСО9000. Это руководство должно содержать ссылки на процедуры системы качества и определять структуру документации, используемой в системе качества.

При поставке изделий на рынок изготовитель сам может выдвинуть нужные ему элементы системы качества на основе изучения спроса, новизны и стоимости изделий, а также анализа затрат и риска.

Руководители предприятия — изготовители изделия, несущие административную ответственность, должны определить (документально оформить) свою политику в области качества, включая задачи по качеству и свое обязательство по качеству.

Следует подчеркнуть, что требования к системе качества, установленные в международных стандартах ИСО9000, являются дополнительными (не альтернативными) по отношению к техническим требованиям, установленным на изделия. Эти требования определяют, какие из 20 элементов необходимы для включения в систему качества.

Международные стандарты ИСО9000 предъявляют общие требования к системе качества, называя их моделями для обеспечения качества, но не касаются (да это и невозможно) процедур практического обеспечения этих требований в производстве — там это зависит от национальных традиций, человеческих

аспектов, поэтому практически в каждой стране имеются свои особенности в системе обеспечения качества. Рассмотрим подход к системам обеспечения качества в Японии, США и России на примере производства полупроводниковых изделий.

### Японский метод качественного изготовления продукции

В настоящее время Япония — общепризнанный лидер в области качества и надежности технических изделий. По оценке ведущего американского специалиста доктора Дж. М. Джурана сначала японцам понадобилось около 20 лет, чтобы догнать США, а позже уже американские фирмы, обнаружив, что они все больше проигрывают в качестве своих товаров, сумели путем энергичных мер (в том числе и путем использования японского опыта) переломить эту тенденцию. В результате разрыв в качестве американских и японских изделий, по крайней мере, перестал увеличиваться.

Ориентация японской промышленности на выпуск продукции высокого качества началась в 50-х годах, когда было введено понятие полного контроля качества (ПКК), охватывающее всю сферу производства.

Японские специалисты выявляют три стадии развития подходов к решению производственных проблем и повышению качества и надежности.

1. Проблемы выявляются, анализируются руководством и направляются для решения на нижние уровни.
2. Проблемы выявляются; комплексная система управления качеством (КСУК) находит и устраняет причины возникновения проблем; информация направляется на другие уровни организационной структуры, чтобы исключить повторение таких проблем.
3. Проблемы предотвращаются; потенциальные проблемы и их причины изучаются до их возникновения; необходимая информация направляется на нижние уровни, чтобы возникновение проблем можно было надежно заблокировать.

В основе японского метода бездефектного изготовления ППИ лежит представление о том, что обеспечить выпуск качественной продукции легче, если закладывать качество в изделия с самого начала, так как в результате этого возрастает выход годных, снижается стоимость изделия, а процедуры контроля становятся почти избыточными.

Японские разработчики уделяют больше внимания и времени (чем их американские коллеги) «доводке конструкции» нового изделия, то есть устранению причин возможных отказов до запуска его в производство с учетом опыта разработки и производства предыдущих изделий.

Японские инженеры проводят в 2–3 раза меньше изменений, чем их американские коллеги. Японские инженеры проводят работы в трех основных областях: взаимодействия

с потребителями, учета опыта изготовителей и обучения методам управления качеством. Для японских фирм частота технических изменений уменьшается при приближении к моменту начала выпуска продукции, а для западных фирм увеличивается.

В Японии сформированы семь основных принципов комплексной системы управления качеством (КСУК): полный контроль производственного процесса, наглядность результатов измерения показателей качества, соблюдение требований к качеству, остановка производственных линий, самостоятельное исправление ошибок, 100%-ная проверка изделий и поэтапное улучшение качества.

Высокое качество выпускаемых изделий обеспечивается 100%-ным входным контролем получаемых материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий. Большое внимание уделяется также анализу причин отказов ППИ в процессе сборки и во время эксплуатации.

Компании используют очень малое количество операций контроля качества непосредственно в процессе производства, полагаясь в этом случае на высокий уровень автоматизации сборочных процессов полупроводникового производства и высокий профессиональный уровень рабочих.

Основа совершенствования производства — экспериментирование на реальном производстве ППИ. Казалось бы, слово «эксперимент» не совместимо с серийным производством, но в Японии считают, что нет другого способа постоянно совершенствовать технологические процессы.

В ходе производства комплектующие изделия, а затем и само изделие переходят от одного рабочего к другому. Для предотвращения брака готового изделия важно локализовать потенциальный брак как можно раньше. Поэтому каждого, кто участвует в производственном процессе, удобно рассматривать как автономное производство со своей системой входного и выходного контроля. Организацию входного и выходного контроля на каждом рабочем месте часто называют автономизацией. На первый взгляд, она противостоит статистическим методам контроля качества. В действительности же благодаря автономизации создается устойчивый поток оперативной информации с каждого рабочего места.

Для осуществления принципа автономизации на предприятиях действует одно из главных правил для рабочих — так называемое «правило трех», которое означает, что рабочий должен хорошо знать три операции и требования по качеству к ним: свою, предыдущую и последующую. Поэтому брак, пропущенный предыдущим рабочим, не должен пройти на следующую операцию.

Чтобы собираемая при автономизации информация давала эффект, каждый рабочий имеет возможность останавливать весь технологический процесс, если он сталкивается с трудностями, угрожающими появлением брака. При каждой остановке мастер и рабочие его бригады пытаются выяснить и уstra-

нить возникшие трудности. После этого процесс продолжается.

Конечно, остановка ТП и связанные с ним задержки мало кому приятны. Зато так резко снижается вероятность пропуска на следующую операцию заведомо бракованных деталей или изделий, что приближает предприятие к реализации принципа бездефектности.

Случайный отказ оборудования может поставить производство на грань катастрофы, поэтому резко возрастает роль ухода за оборудованием: его наладка, профилактика, плановые ремонты, штатная эксплуатация, наконец, просто поддержание чистоты на рабочем месте.

Если на некоторых рабочих местах сигнал об остановке производства загорается чаще, чем на других, то это означает, что в процессе обнаружилось узкое место. «Расширение» узких мест — непременное условие совершенствования ТП. Только как этого добиться? Можно было бы привлечь к анализу проблемы инженерные службы предприятия. Но на крупном производстве с большим числом участков это просто нереально: сил на всех не хватит.

В связи с этим возникла мысль о кружках качества. Дело в том, что именно рабочие непосредственно на своих местах располагают максимумом информации о реальном положении вещей. А кружок качества — прекрасная форма организации досуга групп друзей-единомышленников, кровно заинтересованных в совершенствовании своего дела. Тем более что этот процесс безграничен.

Японская концепция «кружков качества» основывается на том, что рабочие сами должны знать, анализировать и решать проблемы качества. Две трети времени работы кружка занимает учеба, остальное время — решение конкретных проблем.

Основная задача — поиск, изучение и решение практических вопросов по уменьшению брака: совершенствование ТП, модернизация оборудования, снижение издержек производства и улучшение организации труда. Благодаря организации «кружков качества» предпринимателям удалось привлечь рабочих к деятельности по обеспечению качества выпускаемой продукции. Как правило, результатом создания «кружков качества» является рост производительности труда и качества продукции через 4–6 месяцев после начала работы кружка.

Не менее важно при этом повышение образовательного уровня и квалификации персонала, улучшение морального климата на производстве, повышение активности рабочих, рост престижа фирмы на рынке за счет улучшения качества ее продукции.

Японцы при организации рабочих мест и системы обучения воспитывают в рабочих гордость за свою работу; работа их ориентирована на сплоченность бригад, на заинтересованность в изучении опыта других предприятий, работающих в этой же отрасли.

Немаловажным является то обстоятельство, что большинство рабочих японской

фирмы трудится на одном месте всю жизнь. Такое стабильное закрепление рабочей силы является фактором повышения качества продукции.

На японских предприятиях нередко применяются такие формы поощрения рабочего за активную работу в кружках качества, как предоставление ему удобной стоянки для автомобиля, показ его деятельности по телевидению, публикация очерка о нем в газете и даже возможность пообедать с президентом фирмы.

Большинство японских фирм — производителей полупроводниковых изделий являются также крупными изготовителями аппаратуры и систем, выполненных на этих компонентах, что облегчает получение информации об их качестве и надежности.

Японцы поняли раньше многих, что высокое качество не только является важным фактором сбыта и снижения издержек, но и способствует росту производительности труда. Сокращение брака, по их мнению, равносильно расширению сбыта товаров, произведенных при неизменном числе занятых, при уменьшении необходимого контроля, доделок и складских помещений. Оно усиливает чувство гордости рабочих и служащих за свои достижения. По оценкам американских экспертов, снижение доли брака на 2% вызывает рост производительности труда на 10%.

Общий подход к методам повышения качества продукции, существующий в Японии, можно обобщить следующим образом:

1. Учет принципа выходящего потока — чем дальше от начала конвейера, тем ниже качество продукции.
2. Обеспечение принципа «коллега по следующей операции — твой покупатель».
3. Воспитание личной ответственности за качество работы, так как ни инструкция, ни приказ не могут гарантировать качество работы.
4. Ошибка при работе на конвейере второй раз не должна повториться. Если повторяется ошибка, конвейер останавливается.
5. Развитие творческого потенциала под лозунгом: «Нормальный человек плохо не работает, плохо работать стыдно».
6. Качество и спешка несовместимы.

Разработка и особенно внедрение такой системы качества занимает суммарно от 3 до 5 лет.

#### Подход к системе повышения качества на американских предприятиях

Уже в 1980 году любая американская фирма, работающая в области высокоразвитой и сложной технологии, какой является и технология производства полупроводниковых изделий, без программы обеспечения качества рисковала проиграть изделиям зарубежного производства, главным образом японским, имевшим к тому времени неизменно высокое качество.

Соотношение качества японских и американских ППИ, оцененное к началу 1983 года как 6 : 1, сейчас почти выровнялось.

В процессе ликвидации разрыва по качеству ППИ изготовители в США выработали новые методологические принципы, состоящие из повышения внимания к нуждам заказчика, укрепления более тесных деловых связей между поставщиками и заказчиками, увеличения доли участия поставщика ППИ в циклах проектирования систем потребителем и создания общих баз данных по качеству и надежности.

В США считается, что каждая фирма в вопросе организации работ по обеспечению высокого качества изделий должна сформировать свою техническую политику, так как, по их мнению, заимствование со стороны пользы не приносит.

Широко используемый в США при производстве ППИ военного назначения подход, который основан на «жесткой и прямолинейной» отбраковке и испытаниях на принудительный отказ и ориентирован на выпуск относительно небольших партий изделий, не может быть распространен на массовый выпуск ППИ высокого качества.

Поиски подхода фирм к выпуску массовых полупроводниковых изделий привели к обоснованию концепции «нулевого уровня дефектов», а также концепции «бесплатного качества», которые и стали реализовываться многими фирмами электронной промышленности. Последняя названа так потому, что ее цель — расходовать на обеспечение качества меньше, чем теряется из-за брака.

При производстве с «нулевым уровнем дефектов» предполагается, что ни один работник, ни одна автоматическая или иная система не могут допустить появления или пропуск дефекта, случайного или маловероятного, ни из-за забывчивости, ни из-за случайной неосторожности. Этот принцип предполагает устранение случайностей, в том числе возникающих из-за недостаточной тренированности, недисциплинированности и других случайных причин появления дефектов, а также наличие абсолютной системы контроля. Опыт работы показывает, что более половины дефектов изделий, обнаруживаемых в процессе производства, имеют причиной именно эти случайные явления. Принцип «нулевого уровня» предполагает такую систему производства, которая позволяет обнаруживать дефекты, находить причины появления этих дефектов и устранять возможность повторения таких дефектов в будущем.

Данная система в принципе состоит из трех элементов: обнаружение дефекта, его устранение и ведение процесса регулирования способов и средств производства для предупреждения появления данного дефекта в дальнейшем. Методы регулирования, задаваемые процессом «нулевого дефекта», должны быть основательными, то есть они должны существенно совершенствовать производство, чтобы наверняка предупредить появление дефектов в будущем.

Американские изготовители ППИ поставили следующую цель: обеспечить как само собой разумеющееся такое высокое качество изделий, чтобы после получения их сразу можно

было монтировать в аппаратуру. Входной контроль поступающих от изготовителей изделий должен в конечном итоге отойти в прошлое. Для этого уровень качества изделий должен характеризоваться единицами отказов на миллион поставленных.

Кроме того, как считают американские предприниматели, необходимо получение результатов с резким, а не постепенным улучшением качества. При этом упор делается на методологию, которая расширяет борьбу за повышение качества, распространяя ее за пределы самого изделия. Руководители и специалисты в этой области называют это «тотальным управлением качеством» (ТУК).

Философия ТУК возникла в США, была опробована в 30-х годах на некоторых предприятиях и имела успех на практике, но затем была забыта. Успехи японской промышленности после второй мировой войны в значительной степени были обязаны применению идей ТУК. Идеи ТУК, в принципе, состоят в том, чтобы непрерывно совершенствовать организацию производства и конструкцию изделий, их качество, эффективность производства и работы всего предприятия. В идеях ТУК нет ничего нового. Общеизвестные принципы и идеи приведены в систему и внедряются непрерывно при жестком соблюдении дисциплины. Философия ТУК требует участия в работах каждого члена коллектива. Без участия каждого система ТУК невозможна, именно поэтому здесь требуется новая структура организации работы предприятия. ТУК не может быть реализована кратковременными изменениями; это не однократно достигаемая цель — это процесс непрерывных совершенствований, непрерывного улучшения организации, непрерывного совершенствования качества работы. Каждое, даже мелкое усовершенствование устанавливает новые цели, ставит новые задачи.

Система ТУК задает непреодолимый и простейший способ управления производством, вместе с тем она фундаментально изменяет обычно принятую систему работы и принципы руководства производством, изменяет порядок управления производством, делает его естественным.

ТУК охватывает и дополняет все другие уже действующие программы, направленные на повышение качества продукции. Наряду с гарантией качества они предусматривают поставки точно по графику, комплексную автоматизацию производства, проектирование с учетом высокоуправляемого производства. Другими словами, эта концепция основана на том, чтобы каждый на своем рабочем месте в любом подразделении фирмы играл определенную роль в деле улучшения производства, направленную на повышение качества выпускаемых изделий. Основная цель состоит в том, чтобы каждый сотрудник осознал, что ТУК требует постоянных усилий. Идеологи этой методологии выделяют четыре основных принципа, которые должны быть положены в основу любой эффективной программы:

- показать необходимость безошибочной работы — это не призыв не делать ошибки, а призыв устранять их так, чтобы они не появлялись вновь;
- выполнять все требования сменного задания, используя для этого правильно выбранные инструменты, приборы и приспособления и сделав своим девизом постоянство условий работы;
- вместо обычной регистрации появившихся дефектных изделий нужно принимать меры с упреждением, что зависит от расходования средств на поддержание необходимого уровня качества и предотвращение ошибок;
- оценить программу путем установления «стоимости качества».

Для внедрения системы ТУК нужно, чтобы руководители признали качество самым важным фактором успеха на мировом рынке, а затем в его реализации должен участвовать весь штат фирмы, ибо в любом типичном производстве, связанном с высококоразвитой технологией, практическое соприкосновение с самой продукцией имеют лишь около 15% сотрудников. Недеятельность остальных 85% столь же существенна, поскольку они участвуют в заказе и получении материалов, комплектующих, оценке их качества, обеспечении надежности работы оборудования, качества энергоносителей и т. д. Система ТУК вводилась в течение нескольких лет, постепенно развиваясь и совершенствуясь.

Принцип ТУК предполагает такую систему организации производства, при которой обнаружение дефекта в изделии должно иметь последствием исследование способа производства, инструмента, исходных материалов и пр. с целью обнаружения причины дефекта и устранения возможности повторения таких дефектов в перспективе. Следует отметить, что возможны разные варианты организации системы ТУК. Важно только, чтобы работы по совершенствованию качества продукции, эффективности производства, совершенствованию технологического процесса были непрерывными, стали заботой всего коллектива, всех подразделений предприятия.

#### Отечественные системы бездефектного изготовления продукции

Этап развития системного, комплексного управления качеством не прошел мимо Советского Союза. Здесь было очень много разных отечественных систем: КАНАРСПИ (качество, надежность, ресурс с первых изделий), Львовская, Новочеркасская, Саратовская. В электронной промышленности наибольшее распространение получила система бездефектного изготовления продукции и сдачи ее с первого предъявления, которая появилась сначала на предприятиях Саратова, поэтому и названа саратовской системой.

Система бездефектного изготовления продукции и сдачи ее с первого предъявления

исходит из простой и понятной истины, что качество конечной продукции зависит от работы всех производственных звеньев, каждого рабочего. Для изготовления качественной продукции в точном соответствии с требованиями стандартов и технических условий необходимо обеспечить высококачественное выполнение каждой операции: от контроля монокристаллических слитков до выпуска годных изделий.

На многих предприятиях процессы изготовления продукции и контроль ее качества часто были искусственно разорваны. Считалось, что обязанность рабочих — выполнять намеченные производственные операции, а проверка качества — дело контролеров отдела технического контроля. Контролеры пропускали детали на следующие технологические операции, браковали их или возвращали на исправление. В последнем случае контролер оформлял «ведомость дефектов», чтобы потом можно было проверить, как они устранены. Для их устранения на предприятиях порой были вынуждены выделять дополнительные группы рабочих и контролеров.

В условиях системы бездефектного изготовления продукции изменяются функции работников ОТК. Их главной задачей становится не отделение годной продукции от бракованной, не регистрация дефектов, а контроль за нормальным ходом производства, за безусловным соблюдением каждым работником заданного технологического процесса, а также принятие своевременных мер для предотвращения возможных ошибок.

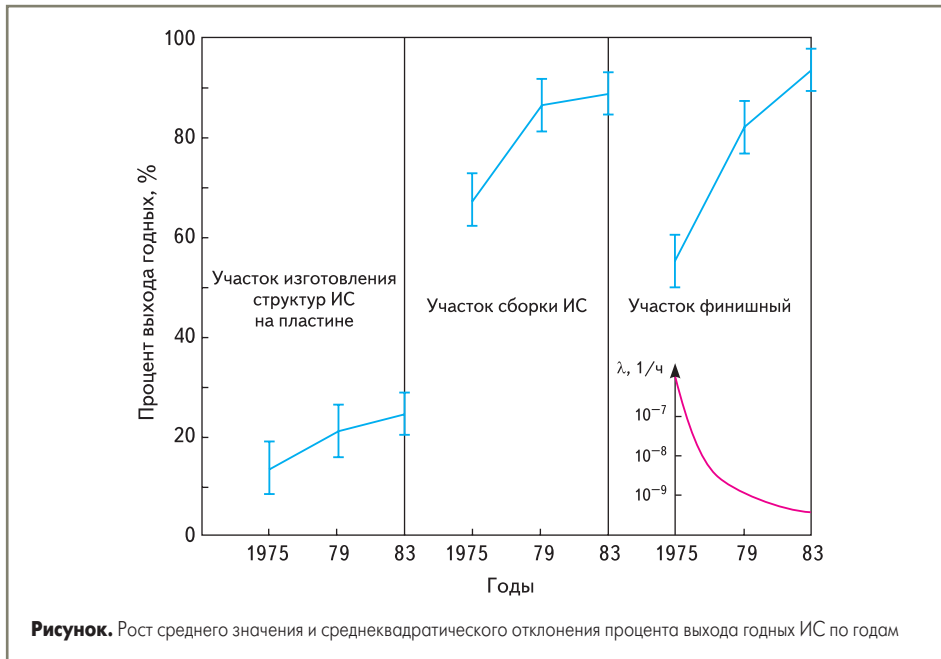
Система бездефектного изготовления продукции и сдачи ее с первого предъявления предусматривает правило, не допускающее исключений: исполнитель предъявляет ОТК работу только после того, как сам убедится в отсутствии дефектов. Для этого он обязан проверить, полностью ли изготовленные изделия отвечают действующим ТУ. Предъявление изделий с отклонением от требований технической документации рассматривается как попытка сдачи недоброкачественной продукции. При обнаружении на первом же изделии отличий от требований документации вся партия возвращается на доработку.

На предприятии регулярно, раз в неделю, проводятся «дни качества». На них подробно анализируют показатели, характеризующие общее состояние и уровень качества изготовления продукции в цехах и по заводу в целом.

Важнейшие их них таковы:

- возвраты продукции других цехов (количество деталей, узлов, изделий или партий, отстраненных от приемки после обнаружения первого дефекта);
- возвраты продукции с контрольных постов ОТК внутри цехов (количество возвращенных узлов, деталей или партий);
- выполнение ежемесячных планов организационно-технических мероприятий, направленных на повышение качества;
- состояние культуры производства (в баллах);





- брак изделий в процентах от общего выпуска;
- количество полученных от потребителей рекламаций и их причины.

Выводы, сделанные на еженедельном «дне качества», а также принятые решения берутся под особый контроль ОТК. На их основе разрабатываются заводские и цеховые планы по повышению качества продукции, где указываются точные сроки проведения мероприятий и ответственные за это лица. «Дни качества» проводятся также в цехах и подразделениях завода.

Действенность системы усиливается мерами морального и материального стимулирования. Чем выше и стабильнее качество сдаваемой продукции, тем выше материальное вознаграждение.

В последние годы по примеру передовых по качеству западных и японских фирм в стране приступили к осуществлению внедрения систем стандартов ИСО серии 9000 на основе ГОСТ Р ИСО9001, ГОСТ Р ИСО9002, ГОСТ Р ИСО9003.

Нужно отметить, что качество выпускаемой продукции в нашей стране было на низком уровне по сравнению не только с Японией, но и европейскими странами и США.

Но это нельзя отнести к электронной промышленности. Разработка и запуск ракетно-космических комплексов потребовали выпуска изделий электронной промышленности сверхвысокой надежности, то есть с интенсивностью отказов  $10^{-9}$  ч<sup>-1</sup>.

Для этого были разработаны отраслевые стандарты на общие технические условия, например, на интегральные схемы ОСТ В11073-12, в которых имелись требования не только по конструкции, топологии схем, но и требования к обеспечению и контролю качества в процессе производства. Причем эти требования значительно жестче, чем в появившихся в 1987 году международных стандартах ИСО9000. Это позволило не только повысить процент выхода годных в процессе производства, но и достичь необходимой надежности ИС (рисунок).

В настоящее время действует ГОСТ РВ20.57.412-97 «Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения», разработанный на основе ГОСТ Р ИСО9000. Данный стандарт устанавливает порядок создания и функционирования системы качества на предприятиях — разработчиках и изготовителях изделий электронной техники, а также общие требования к элементам системы качества. Это позволяет и в настоящее время выпускать изделия, предназначенные для ракетно-космических комплексов, со сверхвысокой надежностью.

#### Обеспечение концепции непрерывной информационной поддержки расчетов надежности и технологии РЭА

В настоящее время для использования в рамках автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) при решении задач анализа и обеспечения надежности широко используется методология CALS-технологий — обеспечение концепции непрерывной информационной поддержки расчетов надежности и технологии надежности-ориентированного проектирования.

На зарубежном рынке работает израильская A.L.D Group ([www.aldservice.com](http://www.aldservice.com)), объединяющая две компании, которые специализируются в области логистики и оценки надежности: SoHaR ([www.sohar.com](http://www.sohar.com)) и FavoWeb ([www.favoweb.com](http://www.favoweb.com)). Программные продукты этих компаний FavoWeb (содержит набор функций и возможностей оценки и улучшения надежности радиоэлектронного оборудования, реализованы мощные специальные CALS-возможности по внесению и учету изменений, логистике и отслеживанию серийных номеров изделий), D-LCC (оценка стоимости оборудования с учетом срока службы) и RAM Commander (от английских слов Reliability and Maintainability — анализ надежности электронных устройств по справочни-

кам предсказания надежности электронного оборудования типа MIL-HDBK-217, HRD — British Telecom, GJB299 — Chinese Standard, ALCATEL, RADC 85-91, RDF 95 — French Telecom и др.) широко используются зарубежными компаниями. Известны также программные продукты с поддержкой CALS-технологий, такие как RELEX, Cadence Reliability, Blocksim и др. Главная сложность в использовании зарубежного программного обеспечения — отсутствие моделей надежности ППИ отечественного производства в их базах данных и механизмов их добавления.

Из специализированных программ расчета надежности на отечественном рынке широко представлена подсистема АСОНИКА-К (разработчик — кафедра «Радиоэлектронные и телекоммуникационные устройства и системы» Московского государственного института электроники и математики) — программное средство, предназначенное для использования в рамках автоматизированного проектирования РЭА при решении задач анализа и обеспечения надежности [1]. Использование подсистемы АСОНИКА-К позволяет реализовать современные методы проектирования РЭС, основанные на методологии CALS-технологий. База данных серверной части подсистемы содержит информацию о надежности изделий электронной техники. Предусмотрено редактирование данных о надежности ИЭТ, математических моделей ИЭТ, добавление новых классов ИЭТ.

Положительным качеством подсистемы АСОНИКА-К является ее соответствие комплексу российских стандартов «МОРОЗ-6», стандарту США MIL-HDBK-217 и стандарту КНР GJB/z 299В при расчете надежности.

Для прогнозирования долговечности РЭА по результатам ускоренных испытаний используются вероятностно-физические модели (диффузионные распределения), которые выгодно отличаются от строго вероятностных моделей тем, что их параметры могут быть вычислены как на основе статистики отказов, так и на основе статистики процесса деградации, а также путем совместного использования обоих типов информации. В настоящее время используется четыре вида двухпараметрических вероятностно-физических моделей отказов — альфа-распределение («веерный» процесс), нормальное («сильно перемешанный» гауссовский процесс), DM (марковский монотонный процесс) и DN (марковский не монотонный процесс) распределения. Математическое ядро подсистемы АСОНИКА-К содержит в качестве модели надежности экспоненциальное и DN-распределения.

Известна также отечественная RAM-система АСРН (Автоматическая Система Расчета Надежности), разработанная ЦНИИ 22 МО РФ.

#### Литература

1. Жаднов В. В., Жаднов И. В., Измайлов А. С., Сотников В. В., Марченков К. В. Подсистема АСОНИКА-К — расчет надежности аппаратуры и ЭРИ // EDA Express. 2002. № 5.