

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

УДК 624.382.049.77:621.396.6.049.75

НАДЕЖНОСТЬ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

С. В. Ванцов, А. М. Медведев

Введение

«Голубой» мечтой каждого производителя является бездефектное производство. Ключевыми моментами достижения этой мечты являются технологическая дисциплина на производстве и контроль в процессе производства.

Выбор стратегии контроля традиционно определялся соотношением $C_1N \leq C_2n_{бр}$, где C_1 – стоимость контроля одного изделия; N – величина партии изделий; C_2 – стоимость ремонта одного бракованного изделия; $n_{бр}$ – количество бракованных изделий в партии.

При выполнении этого соотношения используется стратегия 100 %-го контроля, в противном случае принимается стратегия выборочного контроля.

К сожалению, в настоящее время не удается воспользоваться этим соотношением, поскольку практика показала экономическую нецелесообразность ремонтных операций.

Воспользуемся модифицированным соотношением, а именно: $C_1N \leq C_3n_{бр}$, где C_3 – стоимость готового изделия.

В случае выполнения указанного соотношения, когда потери от брака превышают стоимость 100 %-го контроля партии, выбирается стратегия сплошного контроля.

При выборе стратегии выборочного контроля определяющим является уровень дефектности партии изделий $q = n_{бр}/N$.

Уровень дефектности традиционно определялся предыдущим производственным опытом и договоренностью между поставщиком и заказчиком изделий.

Предельный (экономически обоснованный) для конкретного производства уровень дефектности можно представить так: $q_{пр} = C_1/C_3$.

Таким образом, уменьшение уровня дефектности изделия по сравнению с $q_{пр}$, т.е. стремление к бездефектному производству, однозначно приводит к стратегии сплошного контроля, что, естественно, увеличивает стоимость готового изделия. Актуальным является поиск разумного компромисса между финансовыми потерями от бракованных изделия и затратами при стремлении к «голубой» мечте о бездефектном производстве.

Одним из основных этапов проведения производственного контроля является входной контроль комплектующих.

Казалось бы, интересным и полезным показать технико-экономическую эффективность различных стратегий входного контроля в условиях, когда затраты на организацию полноценного

тестирования электронных компонентов и материалов настолько велики, что приходится задумываться о целесообразности сплошного или выборочного входного контроля или выборе добросовестного поставщика.

Актуальность выбора стратегии входного контроля состоит в том, что производители электронной аппаратуры терпят значительные издержки от дефектных материалов или комплектующих, поступающих в производство. Как правило, эти дефекты непредсказуемо проявляют себя в готовой продукции, что сказывается на ее надежности и выходе годной продукции [1]. Система аттестации по стандартам ИСО 9000 позволяет надеяться на поставки качественных материалов и комплектующих. Производители электронной аппаратуры вынуждены доверять поставщикам, так как капитальные затраты на оснащение входного контроля полноценной тестирующей аппаратурой слишком велики. Производителю легче выбрать добросовестного поставщика компонентов и материалов, чем организовывать их входной контроль. Тем более что наличие в производственной линии внутрисхемного и периферийного контроля компенсирует отсутствие входного контроля за счет выявления дефектных компонентов на стадии производства. Тем не менее у производителя аппаратуры ответственного назначения возникает желание оценить стратегию входного контроля с позиций надежности и экономики производства [2].

Более того, входной анализ качества комплектующих и материалов позволяет производителям аппаратуры выявить недостатки, свойственные компонентам того или иного поставщика, заранее принять необходимые меры для повышения надежности компонентов еще до возможного отказа аппаратуры. Несмотря на наличие выходного контроля продукции на заводах-поставщиках, в аппаратуру могут попасть дефектные компоненты.

Назначение и сущность входного контроля

Входной контроль является дополнительной проверкой компонентов и материалов перед использованием их в производстве по параметрам, определяющим их работоспособность и надежность [3]. Это вызвано тем, что отдельные детали могут иметь пониженное качество из-за недобросовестного контроля на выходе у поставщика, а также возможным продолжительным хранением готовых изделий на складе, сопровождающимся ухудшением качественных показателей. Кроме того, не исключена возможность повреждения компонентов и материалов в процессе транспортировки и т.д.

При входном контроле компоненты подвергаются, по крайней мере, визуальной проверке. При наличии у производителя соответствующей тестирующей аппаратуры и программного обеспечения компоненты подвергаются электрической проверке в сочетании с термотренировкой [3].

При визуальной проверке обращают внимание на наличие на компоненте или упаковке материала отчетливо видимой надписи типа, номинала, допуска, технических условий или сертификата, отсутствие на изделии царапин, сколов, трещин, вмятин, коррозии.

При электрической проверке проверяют соответствие электрических параметров компонентов данным, указанным в пунктах требований и методик технических условий или сертификатов.

Компоненты, прошедшие входной контроль, дополнительно маркируются отличительным знаком.

Входной контроль компонентов или материалов может быть 100 %-ым или выборочным.

Из практического производственного опыта принято определять объем выборки в размере 5–10 % от объема партии проверяемых изделий, но не менее 100 штук. Строгие статистические методы определения объема выборки излишне сложны и использование их для повышения точности определения объема выборки, как правило, не оправдывают вычислительных затрат.

Обычно устанавливается следующее правило: если при выборочной проверке компонентов окажутся бракованные изделия, проверке подлежит удвоенное количество изделий из этой партии. В случае выявления при проверке удвоенного количества изделий хотя бы одного бракованного компонента, проверке подвергаются 100 % изделий полученной партии [4].

Надежность входного контроля

Для определения уровня надежности электронной аппаратуры на этапе производства, существенную долю в который вносит входной контроль комплектующих, воспользуемся понятием отказа технологической операции или этапа производственного процесса.

Под отказом (сбоем) технологической операции понимаем событие, заключающееся в нарушении ее нормального хода, т.е. выхода результатов производственных, технологических или контрольных действий за пределы, определенные нормативными документами.

Исходя из этого надежность производственного процесса в целом можно определить как вероятность его безотказного существования, а именно: $P_{\text{пр}} = P_1 P_2 P_3$, где $P_{\text{пр}}$ – вероятность безотказного осуществления производства; P_1 – вероятность безотказного осуществления входного контроля; P_2 – вероятность безотказного осуществления технологического процесса изготовления аппаратуры; P_3 – вероятность безотказного осуществления выходного контроля.

Следует отметить, что вероятность P_1 относится только к самому процессу контроля и не отражает наличие или отсутствия брака в совокупности проверяемых комплектующих, поскольку отказ (сбой) процесса контроля может заключаться как в том, что будет признан годным бракованный компонент, так и в том, что годный компонент будет отвергнут.

Входной контроль может быть ручным или автоматическим, 100 %-ым или выборочным. Надежность входного контроля будет различной в зависимости от метода и характера контроля. В общем случае вероятность сбоя процесса контроля определяется рядом факторов: методом контроля, скоростью проведения контроля, сроком службы тестирующей аппаратуры, продолжительностью непрерывной работы оператора.

Вероятность отказа процесса контроля можно представить следующей зависимостью $Q_1 = \int_0^n F(v, T) dn$, где $v = n/t$ – скорость испытаний; n – количество испытываемых изделий; t – время, потребное на контроль этих изделий; T – возраст тестирующего оборудования; F – плотность соответствующего закона распределения отказов.

Удобным инструментом для оценки количества отказов является интенсивность отказов или лямбда-характеристика $\lambda = q/m\Delta t$, где m – количество контрольных операций, осуществленных без сбоев к началу интервала времени Δt ; q – количество сбоев, произошедших на интервале Δt .

На рис. 1 представлена зависимость изменения лямбда-характеристики (λ -характеристики) автоматического контроля от времени эксплуатации тестирующего оборудования.

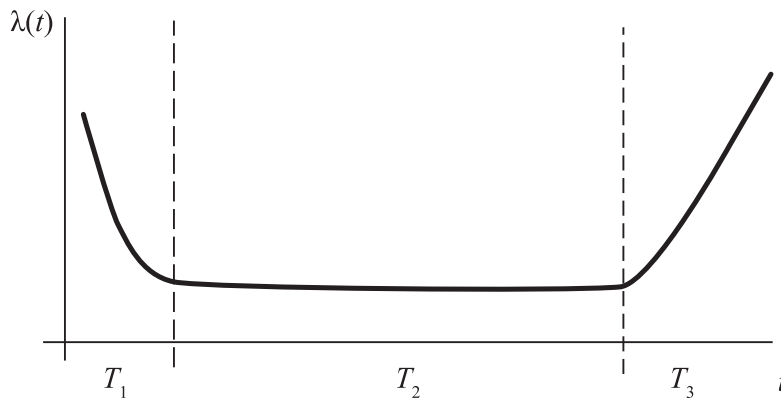


Рис. 1. Классическая λ -характеристика автоматического контроля

Начальный период T_1 характеризуется большой вероятностью сбоя, которая объясняется пусковым периодом для автоматического метода контроля, и постепенным уменьшением вероятности отказа процесса.

Основной период автоматического T_2 характеризуется постоянной вероятностью отказа, что соответствует прямолинейному участку кривой.

Последний период T_3 характеризуется резким возрастанием вероятности отказа из-за выработки срока службы тестирующей аппаратуры.

Наличие на кривой λ -характеристики прямолинейного участка позволяет воспользоваться экспоненциальным законом оценки вероятности безотказной работы. Тогда зависимость вероятности отказа процесса автоматического контроля в основной период его осуществления T_2 от ко-

личества проведенных контрольных операций или, соответственно, от величины партии проведенных компонентов имеет вид

$$Q_1 = 1 - \exp(-\lambda t) = 1 - \exp(-\lambda n/v). \quad (1)$$

На рис. 2 представлена зависимость изменения λ -характеристики ручного контроля в течение рабочей смены.

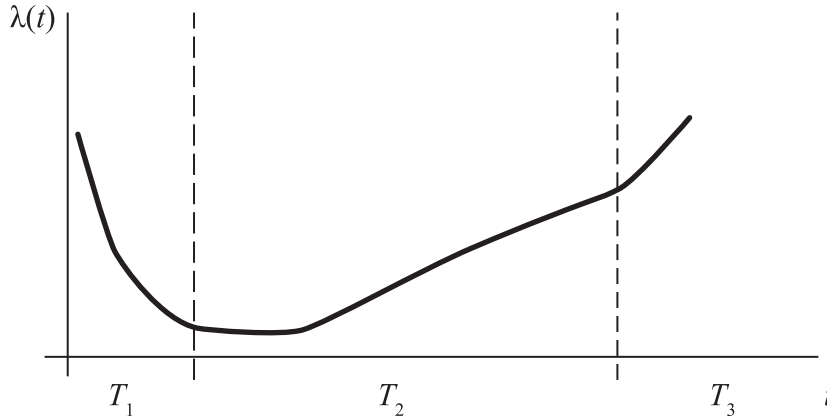


Рис. 2. λ -характеристика ручного контроля

Начало смены T_{1c} характеризуется большой вероятностью сбоя, которая объясняется освоением процесса контроля оператором для ручного метода.

Для основного времени рабочей смены T_{2c} характерно возрастание вероятности сбоя по мере утомления оператора.

Конец рабочей смены T_{3c} характеризуется резким возрастанием вероятности сбоя из-за утомляемости оператора.

При сплошном контроле надежность процесса определяется соотношением

$$P_1 = 1 - Q_1 = 1 - \int_0^N F(v, T) dn, \quad (2)$$

где N – количество изделий в контролируемой партии.

В случае выборочного входного контроля надежность процесса определяется соотношением

$$P_{1в} = (1 - Q_n)(1 - Q_B), \quad (3)$$

где Q_n – вероятность брака в выборке; Q_B – доверительная вероятность пропустить бракованное изделие при данной методике контроля.

Q_B представляет собой традиционный риск заказчика β в операционной характеристике выборочного контроля по альтернативному признаку.

Исходя из условия $Q_n \ll 1$; $Q_B \ll 1$, для уравнения (3) получим

$$P_{1в} \approx 1 - Q_n - Q_B.$$

Учитывая, что вероятность брака в выборке Q_n зависит от величины выборки n , получим выражение для определения надежности выборочного контроля

$$P_{1в} = 1 - Q_n(n) - \int_0^n F(v, T) dn. \quad (4)$$

Определим значение $P_{1в}$ двух крайних частных случаев:

а) пусть $F(v, T) = \text{const} = F_0$, т.е. соответствует равномерному закону распределения отказов. Это крайний случай автоматического контроля на горизонтальном участке T_2 кривой (см. рис. 1);

б) этот случай соответствует ручному контролю или же малонадежной работе тестирующих устройств. В этом случае λ -характеристика имеет переменное, зависящее от конкретных условий

значение (см. рис. 2). Тогда надежность контроля можно определить, например, по следующему соотношению, что соответствует экспоненциальному закону распределения отказов:

$$1 - \int_0^n F(v, T) dn = 1 - \exp(-\lambda T),$$

где T – время проведения контроля.

Вероятность брака для выбранной методики контроля Q_v , как упоминалось, равна риску заказчика β и составляет в зависимости от договоренности между поставщиком и заказчиком значение 0,005–0,1.

Для этого случая $Q_n(n) = a/n$ и $Q_v = \lambda n$, где $a = 0,25 \dots 1$ – в зависимости от выбранной надежности испытаний.

Для выборочного автоматического контроля получим следующее выражение надежности [2]:

$$P_{1в} = 1 - \frac{a}{n_1} - F_0 n_1. \quad (5)$$

Оптимальное значение надежности автоматического входного контроля получим из условий

$$\frac{\partial P_{1в}}{\partial n_1} = 0; \quad n_1 = \sqrt{\frac{a}{F_0}}; \quad P_{1в \max} = 1 - 2\sqrt{aF_0}.$$

Для выборочного ручного контроля или же малонадежной конструкции контрольно-измерительных средств выражение надежности контроля принимает вид

$$P_{1в} = 1 - \frac{a}{n_1} - \frac{\lambda n_1^2}{2}. \quad (6)$$

Оптимальное значение надежности ручного входного контроля определяется из условий:

$$\frac{\partial P_{1в}(n)}{\partial n_1} = 0; \quad n_1 = \sqrt[3]{\frac{a}{b}}; \quad P_{1в \max} = 1 - \frac{3}{2} b^{\frac{1}{2}} a^{\frac{2}{3}}.$$

При стопроцентном контроле выражение надежности имеет вид:

– для автоматического контроля $P_n = 1 - F_0 N$;

– для ручного контроля $P_n = 1 - \lambda N^2/2$.

На рис. 3 показаны зоны надежности выборочного и стопроцентного контроля, справедливые как для автоматического, так и для ручного методов контроля. Имеется характерная первая зона, где большей надежностью обладает стопроцентный контроль, и характерная вторая зона, где большей надежностью обладает выборочный контроль.

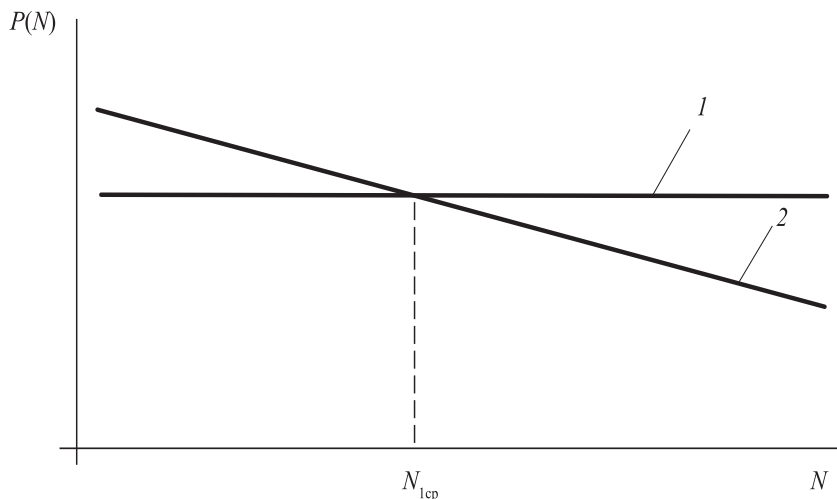


Рис. 3. Зоны надежности сплошного (1) и выборочного (2) тестирования

Для определения количества изделий $N_{кр}$, меньше которого надежность выше стопроцентного контроля и больше которого надежность выше выборочного контроля, воспользуемся условием

$$P_{1в\max} = P_n.$$

Тогда получим для автоматического метода контроля

$$N_{кр} = 2 \frac{\sqrt{aF_{a0}}}{F_0}.$$

Для ручного способа контроля

$$N_{кр} = 3 \sqrt{\frac{a}{b}}.$$

Стоимость входного контроля

Поскольку, как показывает практика, проведение ремонтных работ бракованных изделий экономически нецелесообразно, то экономическая оценка входного контроля дает возможность получить соотношения между стоимостью контроля поступающих в производство компонентов и убытками, которые терпит предприятие из-за попадания в производство бракованных элементов и материалов [5]. Тем самым решается вопрос о целесообразности применения того или иного вида входного контроля.

Введем понятие полной стоимости, под которой будем понимать сумму затрат на входной контроль и экономические потери от попадания бракованных элементов на этап сборки аппаратуры. Будем рассматривать полную стоимость, приведенную к единице выпускаемых изделий.

Определение полной стоимости дадим для трех возможных практических случаев.

Отсутствие входного контроля

Полная стоимость в данном случае совпадает с суммой убытков, которые терпят предприятия из-за производства конечных изделий, которые на этапе приемо-сдаточных испытаний будут признаны бракованными вследствие попадания на этап сборки дефектных комплектующих:

$$C'_0 = QNC_R, \quad (7)$$

где Q – доля или вероятность брака среди поступающих деталей; C_R – затраты на изготовление изделия; N – общее число деталей.

Стопроцентный контроль

Полная стоимость равна сумме затрат на контроль и отбраковку деталей. Число пропущенных дефектных деталей определяется квалификацией контролера и качеством контрольно-измерительной аппаратуры. Полная стоимость в этом случае определяется уравнением

$$C''_0 = NC_T + K_1 QNC_R, \quad (8)$$

где C_T – стоимость контроля одной детали; K_1 – доля брака, пропущенного при стопроцентном контроле.

Выборочный контроль

Полная стоимость в случае выборочного контроля состоит из двух частей:

1. Стоимость приемки партии деталей на основе выборки, которая может быть представлена на следующим выражением:

$$C = P_A [nC_T + (N - n)PC_R + nK_2PC_R],$$

где nC_T – стоимость контроля выборки, состоящей из n деталей; $(N - n)PC_R$ – потери из-за бракованных деталей из непроверяемой части партии; nK_2PC_R – потери из-за бракованных деталей

из проверяемой части партии (выборке), пропущенных контролером; P_A – вероятность приемки партии.

2. Стоимость отбракованной партии равняется стоимости контроля отобранных деталей, умноженной на вероятность отбраковки $1 - P_A$.

Выражение для ожидаемой полной стоимости отбракованных партий будет иметь вид $nC_T(1 - P_A)$.

Полная стоимость для случая выборочного контроля определяется выражением

$$C_0'' = P_A [nC_T + (N - n)QC_R + nK_2QC_R] + nC_T(1 - P_A). \quad (9)$$

Графическое выражение стоимости контроля

Пользуясь выведенными уравнениями, можно построить графики полной стоимости контроля в зависимости от качества данной партии, характеризуемой величиной Q , т.е. долей брака.

Графики полной стоимости контроля показаны на рис. 4.

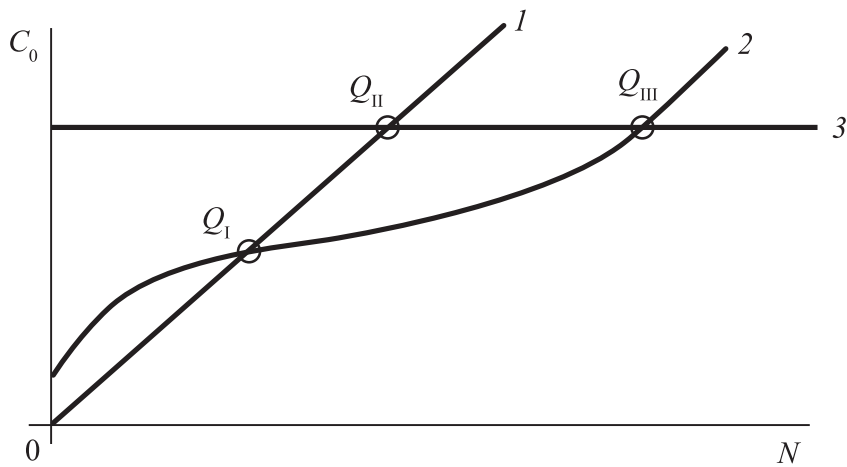


Рис. 4. Графики полной стоимости различных методов контроля:
1 – отсутствие входного контроля; 2 – выборочный контроль; 3 – 100 %-й контроль

По графикам полной стоимости можно найти оптимальный по стоимости вариант входного контроля комплектующих и материалов.

Способ контроля комплектующих деталей будет определяться размером партии N и долей брака Q , содержащейся в этой партии, а также рядом других параметров, которые могут быть либо заданными, например C и C_R , либо представляют собой функцию от N или Q , например n или P_A .

Доля брака Q обычно бывает неизвестной до проверки партии и поэтому следует при оценке этой величины ориентироваться на статистические данные, полученные ранее [6].

Оптимальная оценка контроля может быть получена также аналитическим способом, без графических построений. Для этого должны быть определены критические точки, где полные стоимости для различных процедур контроля оказываются равными, т.е. такие точки, в которых одна схема контроля становится дешевле другой. Обозначим эти критические точки через Q_I , Q_{II} и Q_{III} .

Отсутствие входного контроля и стопроцентный контроль

Критическая точка Q_{II} пересечения кривых полной стоимости при отсутствии контроля и стопроцентного контроля определяется из уравнений (13) и (14):

$$QNC_R = NC_T + K_1QNC_R.$$

Тогда

$$Q_{II} = \frac{C_T}{C_R(1 - K_1)}.$$

Стопроцентный контроль будет экономичнее, когда уровень качества поступающих деталей больше значения Q_{II} , и в противном случае экономичнее отсутствие входного контроля.

Отсутствие входного контроля и выборочный контроль

Критическая точка Q_I пересечения кривых полной стоимости при отсутствии контроля и выборочного контроля определяется из уравнений (8) и (10):

$$QNC_R = P_A [nC_T + (N - n)QC_R + nK_2QC_R] + nC_T(1 - P_A).$$

Тогда

$$Q_I = \frac{nC_T}{C_R [N - P_A(N - n + nK_2)]}. \quad (10)$$

Очевидно, что Q_I необходимо вычислять соответственно рассматриваемому конкретному плану выборки в виду того, что для каждого плана выборки значения P_A будут различными. Порядок определения Q_I следующий:

1) определяют оперативную характеристику выборочного контроля, чаще всего базирующуюся на законе распределения Пуассона. Устанавливают величину выборки n и приемочное число C – минимальное допустимое количество бракованных деталей в выборке. Значение P_A , соответствующее любому значению C , может быть получено из таблиц распределения Пуассона с учетом предполагаемого значения Q ;

2) определяют Q_I с учетом найденного значения P_A ;

3) отсутствие входного контроля будет экономически более выгодным при предполагаемом значении Q , меньшем Q_I . В противном случае экономичнее оказывается способ выборочного контроля.

Стопроцентный контроль и выборочный контроль

Критическая точка Q_{III} пересечения кривых полной стоимости при стопроцентном и выборочном контроле определяется из уравнений (7) и (8)

$$NC_T + K_1QNC_R = P_A [nC_T + (N - n)QC_R + nK_2QC_R] + nC_T(1 - P_A).$$

Тогда

$$Q_{III} = \frac{C_T [N - P_A n + n] - nC_T}{P_A C_R [(N - n) + K_2 n] - C_R K_1 N}. \quad (11)$$

Значение Q_{III} получают таким же образом, как и в предыдущем случае. Когда значение Q меньше предполагаемого значения Q_{III} , то выгоднее метод выборочного контроля. В противном случае более экономически оправданным будет метод стопроцентного контроля.

Оптимальная стратегия входного контроля

В настоящее время вопросы качества и надежности электронной аппаратуры приобретают исключительно острый характер, как для изготовителей компонентов, так и для их потребителей. Наибольшее количество споров возникает в связи с тем, что производитель аппаратуры вынужден проводить значительный объем дорогих и длительных испытаний, поступающих в производство компонентов в рамках мероприятий по входному контролю [6]. Эти испытания повторяют процедуры уже проведенных испытаний на предприятии-поставщике, которое израсходовало на это весьма значительные средства. Однако степень такого дублирования постоянно должна уменьшаться. Это обусловлено процессом непрерывного повышения качества компонентов, благодаря чему появляется возможность для более тесного сотрудничества между поставщиком и потребителем в решении проблемы исключительной важности, а именно: сначала резкого сокращения объема операций по входному контролю компонентов и материалов, а затем полного отказа от него.

Для того, чтобы уменьшить затраты на испытания и свести объем выборки к минимуму, критерии приемки целесообразно свести к тому, чтобы единичный отказ вызывал забракование всей партии [7–10]. В тех случаях, когда уровень отказов компонентов на входном контроле оказывается меньше 100 на миллион, т.е. 0,01 %, входной контроль обычно оказывается экономически нецелесообразным. Экономичнее для подавляющей части производств отбраковывать столь редкие случаи отказов компонентов на этапах испытаний узлов, блоков или даже аппаратуры [6].

Заключение

Расчеты показывают неочевидные результаты в оценке целесообразности сплошного, выборочного и отсутствия контроля. Конечно, в реальных быстро меняющихся условиях производства затруднительно прибегать к вышеприведенным расчетам. Но выводы, которые можно сделать на основе этих расчетов, позволяют осознанно строить стратегию и тактику контроля в условиях неопределенности качества компонентов и материалов, поступающих в производство.

Список литературы

1. Медведев, А. М. Диагностический контроль электрических соединений в электронных системах / А. М. Медведев, Ф. В. Васильев, М. Л. Сокольский // Практическая силовая электроника. – 2013. – № 1 (49). – С. 42–44.
2. Медведев, А. М. Концепция входного контроля материалов и комплектующих, поступающих в производство / А. М. Медведев, Г. В. Мылов // Надежность. – 2013. – № 1 (44). – С. 115–125.
3. Медведев, А. М. Печатные платы. Физическая надежность межсоединений / А. М. Медведев // Надежность. – 2014. – № 2 (49). – С. 15–23.
4. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств : учеб. / Н. К. Юрков. – М. : Лань, 2014. – 480 с.
5. Юрков, Н. К. Технология радиоэлектронных средств / Н. К. Юрков. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – 640 с.
6. Технические измерения в технологии и производстве РЭА и измерительных систем : учеб. пособие / С. Ю. Байдаров, П. Г. Михайлов, В. И. Лапшин, Н. К. Юрков. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – 150 с.
7. Особенности разработки макромоделей надежности сложных электронных систем / Н. К. Юрков, А. В. Затылкин, С. Н. Полесский, И. А. Иванов, А. В. Лысенко // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2014. – Т. 1. – С. 101–102.
8. Стюхин, В. В. САПР в расчете и оценке показателей надежности радиотехнических систем / В. В. Стюхин, И. И. Кочегаров, В. А. Трусов // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2013. – Т. 1. – С. 287–289.
9. Лысенко, А. В. Способ снижения величины вибрационных нагрузок в несущих конструкциях ЭС и методика его реализующая / А. В. Лысенко // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 4. – С. 41–44.
10. Лабораторный комплекс в архитектуре ИКОС как основа формирования умений / И. Д. Граб, А. В. Затылкин, Н. В. Горячев, В. Б. Алмаметов, Н. К. Юрков, В. Я. Баннов, И. И. Кочегаров // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2008. – Т. 1. – С. 213–215.

Ванцов Сергей Васильевич

кандидат технических наук, доцент,
кафедра технологии приборостроения,
Московский авиационный институт
(125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4)
E-mail: vancov@medpraktika.ru

Медведев Аркадий Максимович

доктор технических наук, профессор,
кафедра технологии приборостроения,
Президент Гильдии профессиональных
технологов приборостроения,
Московский авиационный институт
(125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4)
E-mail: medvedevam@bk.ru

Vantsov Sergey Vasil'evich

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of avionic technology,
Moscow Aviation Institute
(125993, 4 Volokolamskoe highway, Moscow, Russia)

Medvedev Arkadiy Maksimovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of avionic technology,
President of Guild of Professional Electronics Technologist,
Moscow Aviation Institute
(125993, 4 Volokolamskoe highway, Moscow, Russia)

Аннотация. В производстве электронной аппаратуры ответственного назначения, такой как авионика, вооружение, электронная аппаратура морского базирования, очень важно обеспечить надежность уже на первом этапе производства – входном контроле комплектующих и материалов. Предложена стратегия входного контроля в зависимости от уровня дефектности поступающих партий с учетом неизбежного наличия функционального контроля и наладки готовых изделий на последних этапах производства. Кроме того, применительно к массовому производству электроники рассматриваются стоимостные характеристики сплошного, выборочного и бесконтрольного входного контроля материалов и комплектующих, поступающих в производство, в сопоставлении с затратами на устранение последствий попадания дефектных компонентов и материалов в готовую продукцию.

Ключевые слова: авионика, надежность, электронные компоненты, производство электроники, входной контроль.

Abstract. In the manufacture of electronic equipment responsible assignments, such as avionics, weapons, naval electronics is very important to ensure reliability in the first stage of production-control input parts and materials. Proposed strategy for control input depending on the level of the defect of the incoming shipments given the imminent availability of functional control and adjustment of finished products in the final stages of production. In addition, with regard to the mass production of electronics examines the cost characteristics of a continuous, selective and uncontrolled input control of materials and accessories coming into production in relation to the costs of eliminating the consequences of hitting defective components and materials into a finished product.

Key words: avionics, reliability, electronic components, electronics manufacturing, incoming inspection.

УДК 624.382.049.77:621.396.6.049.75

Ванцов, С. В.

Надежность входного контроля / С. В. Ванцов, А. М. Медведев // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 4 (12). – С. 91–100.