

О СВЯЗИ КОНТРОЛЬНЫХ И ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

Abstract: In the present work it is established connection at planning control and standard test on reliability. The established requirements in reliability of control tests are recalculated in corresponding requirements for Trustworthy standard test for reliability.

Key words: reliability, reliability tests, confidential probability, a relative mistake, risk of the manufacturer, risk of the customer.

Анотація: У даній статті встановлюється зв'язок при плануванні контрольних і визначальних випробувань на надійність. Встановлені вимоги щодо вірогідності контрольних випробувань перераховуються у відповідні вимоги щодо вірогідності визначальних випробувань на надійність.

Ключові слова: надійність, випробування на надійність, довірна ймовірність, відносна помилка, ризик виготовлювача, ризик замовника.

Аннотация: В настоящей статье устанавливается связь при планировании контрольных и определительных испытаний на надежность. Установленные требования по достоверности контрольных испытаний пересчитываются в соответствующие требования по достоверности определительных испытаний на надежность.

Ключевые слова: надежность, испытания на надежность, доверительная вероятность, относительная ошибка, риск изготовителя, риск заказчика.

1. Введение

В работе рассматриваются вопросы планирования и определения доверительных интервалов (приемочного и браковочного уровней) при определительных испытаниях и одноступенчатом контроле показателей надежности. Контрольные и определительные испытания на надежность отличаются, во-первых, процедурой испытаний и, во-вторых, требованиями по достоверности испытаний. Известно, что достоверность определительных испытаний на надежность существенно выше. В настоящей работе обобщается процедура планирования контрольных и определительных испытаний на надежность.

2. К теории планирования определительных испытаний

Определительные испытания на надежность проводят для определения фактических показателей надежности с заданной точностью и достоверностью.

При планировании определительных испытаний для каждого определяемого показателя должны быть указаны:

- ожидаемое значение показателя надежности A_0 ;
- ожидаемое значение коэффициента вариации наработки до отказа V_0 ;
- достоверность (доверительная вероятность q) и точность (относительная ошибка δ)

оценки показателя надежности;

– тип плана испытаний (с восстановлением, заменой или без замены, определенной продолжительности или до определенного числа отказов).

Выбор доверительной вероятности q (двусторонней), а также относительной ошибки δ оценки показателей надежности осуществляют по согласованию с заказчиком согласно требованиям стандартов (общетехнических и отраслевых).

По результатам определительных испытаний на надежность по каждому показателю надежности вычисляют точечную оценку \tilde{A} , нижнюю \underline{A} и верхнюю \overline{A} – доверительные границы, соответствующие заданной доверительной вероятности.

План испытаний на надежность устанавливает число объектов испытаний, порядок проведения испытаний (с восстановлением работоспособного состояния объекта после отказа, заменой отказавшего объекта или без замены и восстановления) и критерий их прекращения.

Объектами испытаний (наблюдений) являются однотипные образцы, не имеющие конструктивных или других различий, изготовленные по единой технологии и испытываемые (эксплуатируемые) в идентичных условиях. Продолжительность или объем работы (наработка) образцов, в зависимости от типа объектов и условий их эксплуатации, может измеряться в часах или циклах.

3. К теории планирования контрольных испытаний

Основной целью контрольных испытаний является подтверждение или опровержение соответствия надежности партии продукции требованиям стандарта или технических условий. По самой постановке задачи видно, что контрольные испытания должны строиться на противоречивых требованиях изготовителя партии и заказчика. Это обстоятельство накладывает определенный отпечаток на все вопросы, связанные с планированием и проведением подобных испытаний.

Заказчика, естественно, в первую очередь интересует обеспечение незначительной вероятности ошибки при положительном исходе испытаний. В случае, когда партия принимается, заказчику необходима высокая степень уверенности в том, что данное решение правильно. С этой целью устанавливается максимальное значение вероятности приемки партии при $A_n < A_0$ (здесь обозначено: A_n – истинное значение показателя надежности партии; A_0 – контролируемое значение показателя надежности, например, средней наработки до отказа, предусмотренное технической документацией). Эта вероятность, обозначаемая β и называемая риском заказчика, выбирается обычно на уровне 0,05...0,2. Она и служит гарантией того, что партия образцов при $A_n < A_0$ не будет принята. Контрольные испытания строятся (планируются) таким образом, чтобы при любом $A_n < A_0$ вероятность приемки партии не превышала β .

С другой стороны, изготовитель, чтобы обеспечить себе благоприятные условия сдачи годной продукции, при производстве изделий вынужден добиваться значительно более высокого уровня надежности, чем требуемый по техническим условиям и стандартам ($A_n > A_0$). Можно с уверенностью утверждать, что вся та продукция, которая принята по испытаниям, спланированным по одному уровню (с учетом только β), значительно превышает по своим свойствам надежности тот гарантируемый уровень надежности A_0 , который предусмотрен технической документацией. Это можно было бы считать положительным явлением, если бы повышение надежности не требовало больших затрат. В связи с этим, чтобы одновременно учесть интересы изготовителя и заказчика, исходные данные для планирования контрольных испытаний задают в виде двух

уровней надежности. При этом устанавливаются два значения показателя надежности партии: приемочный A_α и браковочный A_β , соотношение между которыми выражается неравенством $A_\alpha > A_\beta$. Устанавливаются также два показателя достоверности контрольных испытаний: α – вероятность браковки партии с надежностью $A_{и} = A_\alpha$ (риск изготовителя), β – вероятность приемки партии с надежностью $A_{и} = A_\beta$ (риск заказчика).

Таким образом, постановка задачи планирования контрольных испытаний в качестве исходных данных предусматривает установленные значения рисков изготовителя (α) и заказчика (β), а также установленные значения приемочного (A_α) и браковочного (A_β) уровней контролируемого показателя надежности.

Традиционные методы планирования контрольных испытаний на надежность предполагают задание двух уровней контролируемого показателя надежности A (приемочного A_α и браковочного A_β). Это, во-первых, не соответствует распространенным правилам задания показателей надежности в ТЗ, технической документации, где фигурируют, как правило, точечные оценки показателей надежности A_0 (средняя наработка до отказа, гамма-процентный ресурс, коэффициент готовности и др.). Во-вторых, вопрос принятия A_α и A_β , появляющийся перед планированием контрольных испытаний, не проработан методологически и в настоящее время не существует единого мнения по этому вопросу.

До сих пор в существующих нормативных документах, в том числе и в стандартах по контрольным испытаниям, нет единого мнения о размещении интервала (A_β, A_α). Например, в межотраслевом стандарте [1] по контрольным испытаниям в качестве A_β рекомендуется принимать значение показателя надежности A_0 ($A_\beta = A_0$), заданное в технических условиях или другом документе, то есть интервал (A_β, A_α) смещен вправо относительно контролируемого уровня. В этом же стандарте допускается размещать интервал (A_β, A_α) относительно A_0 , заданного в технической документации на изделие, по согласованию между изготовителем и заказчиком. Однако конкретных рекомендаций определения значений A_β и A_α в этом стандарте нет. В другом стандарте [2] ожидаемое (контролируемое) значение показателя надежности, установленное в техническом задании или технических условиях, принимают в качестве приемочного значения ($A_\alpha = A_0$), то есть интервал (A_β, A_α) смещен влево относительно контролируемого уровня.

Необходимо отметить, что принятие значения контролируемого показателя надежности A_0 , установленного в технической документации, в качестве одной из границ интервала (A_β, A_α) неверно с теоретической точки зрения и приводит к нежелательным последствиям. Если интервал (A_β, A_α) смещен влево относительно A_0 , то это заведомо обеспечивает принятие порядка 50%

изделий с уровнем надежности ниже контролируемого, то есть истинный уровень принимаемых изделий составляет в лучшем случае величину порядка $(A_0 \cdot A_\beta) / A_\alpha$. Это без учета методических погрешностей теоретической модели надежности, используемой при планировании и обработке результатов испытаний. Если принятый интервал (A_β, A_α) смещен вправо относительно контролируемого значения A_0 , то в таком случае, без учета методических погрешностей, по сути принимается и контролируется уровень надежности, соответствующий примерно значению $(A_0 \cdot A_\alpha) / A_\beta$, то есть значительно завышены требования, которые требуют увеличения объема испытаний примерно в $\sqrt{A_\alpha / A_\beta}$ раз. Очевидно, что доверительный интервал (A_β, A_α) должен размещаться относительно A_0 . Определение расположения доверительного интервала осуществляется на основе использования функции распределения контролируемого показателя (или достаточной статистики).

В практике контрольных испытаний обычно используют коэффициент D , представляющий собой отношение приемочного уровня показателя надежности к браковочному $D = A_\alpha / A_\beta$. Используя этот коэффициент, в случае диффузионных распределений [3], получены следующие соотношения:

$$A_\alpha = A_0 \sqrt{D}, \quad A_\beta = A_0 / \sqrt{D}.$$

Исходными данными для планирования контрольных испытаний являются: контролируемое значение показателя надежности A_0 , ожидаемое значение коэффициента вариации наработки до отказа V_0 , риски поставщика и заказчика (α, β) , отношение приемочного уровня показателя надежности к браковочному D .

4. Заключение

Представляется, что планирование контрольных испытаний осуществляется при исходных данных, аналогичных при определительных испытаниях на надежность. В частности, контролируемое (ожидаемое) значение показателя надежности A_0 , риски поставщика α и заказчика β , определяющие достоверность контроля (при $\alpha = \beta$, доверительная вероятность оценки показателя $q = 1 - \beta$), относительная ошибка при определительных испытаниях связаны с параметром контроля (коэффициентом D) следующим образом: $\delta = \frac{D-1}{2\sqrt{D}}$. Вышеприведенные

результаты свидетельствуют о том, что планирование контрольных испытаний на надежность с целью контроля показателей надежности, одновременно может служить основанием для проведения определительных испытаний на надежность с соответствующими показателями достоверности (q, δ) .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27.410-87. Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность. – Введ. 01.01.89. – М.: Госстандарт СССР, Изд-во стандартов, 1988. – 127 с.
2. ГОСТ 23773-88. Машины вычислительные электронные цифровые общего назначения. Методы испытаний. – Введ. 01.07.89. – М.: Госстандарт СССР, Изд-во стандартов, 1989. – 56 с.
3. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. – К.: Логос, 2002. – 486 с.

Стаття надійшла до редакції 20.02.2008