

МЕТРОЛОГИЯ

УДК 389(076.5)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНКИ
ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ

В.Я. Фролов, доцент, к.т.н., В.В. Стадник, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Показана методика оценки достоверности контроля изделий. На примере оценки исправности большого количества изделий представлены формулы определения вероятностей ошибок первого и второго рода. Предложено одноступенчатую структуру контроля изделий дополнить второй ступенью, которая включает средства измерительной техники высокой точности и позволяет экспериментально оценить достоверность контроля.

Ключевые слова: ошибки первого рода, ошибки второго рода, достоверность контроля, средство измерительной техники, правильное решение, ошибочное решение.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНКИ
ДОСТОВІРНОСТІ КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ

В.Я. Фролов, доцент, к.т.н., В.В. Стадник, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Показано методику оцінки достовірності контролю виробів. На прикладі оцінки справності великої кількості виробів надано формули визначення вірогідності помилок першого і другого роду. Запропоновано одноступінчасту структуру контролю виробів доповнити другим ступенем, який включає засоби вимірювальної техніки високої точності і дозволяє експериментально оцінити достовірність контролю.

Ключові слова: помилки першого роду, помилки другого роду, достовірність контролю, засіб вимірювальної техніки, правильне рішення, помилкове рішення.

EXPERIMENTAL DETERMINATION
ESTIMATIONS OF AUTHENTICITY OF CONTROL OF WARESV. Frolov, Associate Professor, Candidate of Technical Science,
V. Stadnik, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU

Abstract. The method of estimation of authenticity of control of wares is shown. On example of estimation of good condition of plenty of wares the formulas of determination of probabilities of errors of the first and second family are presented. The single-stage structure of control of wares is offered to complement by the second stage which includes facilities of measuring technique of high exactness and allows experimentally to estimate authenticity of control.

Key words: errors of the first family, error of the second family, authenticity of control, mean of measuring technique, correct decision, erroneous decision.

Введение

При проведении метрологической экспертизы сложных технических изделий одним из основных показателей качества контроля па-

раметров, подлежащих проверке, является достоверность их результатов контроля. Она зависит от многих факторов, однако, как правило, задается теоретически и проверяется теоретически. Опосредовано в требования

по достоверности результатов контроля входят и результаты эксплуатации. В процессе метрологической экспертизы параметры изделий подвергаются контролю средствами измерительной техники, указанными в технической документации. Однако при этом могут возникать ошибки первого и второго рода, влияющие на достоверность контроля. Дополнив цепь контроля параметров изделий средствами измерений высокой точности возможно экспериментально определить достоверность контроля параметров изделий, который проводится средствами измерительной техники, указанными в технической документации.

Анализ публикаций

В источнике [1] представлены расчетные соотношения для определения достоверности контроля. В источнике [2] оценка достоверности контроля изделий оценивается по классической методике, но при этом необходимо знать законы распределения контролируемого параметра и погрешности средств измерений.

Цель и постановка задачи

На основании анализа числа ошибочных решений о работоспособности изделия представить двухступенчатую структуру проведения оценки работоспособности изделия, которая включала бы как рабочие средства измерительной техники, так и средства измерительной техники высокой точности.

Двухступенчатая структура экспериментального определения оценки достоверности контроля изделий

Достоверность результатов контроля параметров (контроля технического состояния) – это степень объективного соответствия контролируемого параметра (результата контроля) действительному значению (действительному техническому состоянию). Обычно при контроле технического состояния объекта различают два технических состояния (объект работоспособный или неработоспособный). Достоверность контроля зависит от вероятности ложного отказа (ошибка первого рода) и вероятности невыявленного отказа (ошибка второго рода). Вероятности ошибок первого и второго рода – вероятности принятия решения о неработоспособности объекта контроля, когда он находится в работоспособном состоянии, и наоборот, принятия ре-

шения о работоспособности объекта контроля, когда объект неработоспособен. Для оценок ошибок первого и второго рода необходимо знать число пропущенных неисправных изделий и число ошибочно забракованных исправных изделий. Как показано в статье [1], ошибки первого и второго рода зависят от значения погрешностей измерительных приборов, применяемых при контроле.

В данной статье предлагается двухступенчатая структура контроля. На первой ступени N изделий контролируются рабочим средством измерительной техники – средством измерительной техники, указанным в технической документации на изделие. При этом остаются неизвестными число ошибочных решений. По результатам контроля изделия делятся на исправные и неисправные.

На второй ступени для оценки числа ошибочных решений необходимо проверить исправные и неисправные изделия средством измерительной техники, погрешность которого на порядок меньше погрешности средства измерительной техники, указанного в технической документации. Покажем результат оценки исправности партии однотипных N изделий.

Пусть контролю подвергаются N изделий (рис. 1), среди которых имеются N_1 исправных изделий и N_0 неисправных изделий, количество которых необходимо определить в результате проверки. При проведении контроля с помощью рабочего средства измерения принимается решение о том, что имеется N_1^* исправных и N_0^* неисправных изделий. Среди N_1^* исправных изделий находятся N_{11} изделий, по которым принято правильное решение, и N_{01} изделий, по которым принято ошибочное решение об их состоянии. Аналогично среди N_0^* неисправных изделий есть N_{00} изделий, по которым принято правильное решение, и N_{10} изделий, по которым принято ошибочное решение (первые индексы показывают действительное состояние объекта контроля, вторые индексы – принятые решения о его состоянии: 1 – изделие исправно, 0 – изделие неисправно).

Данные события создают полную группу событий и сумма их безусловных вероятностей равна 1

$$P(H_{11}) + P(H_{00}) + P(H_{10}) + P(H_{01}) = 1. \quad (1)$$

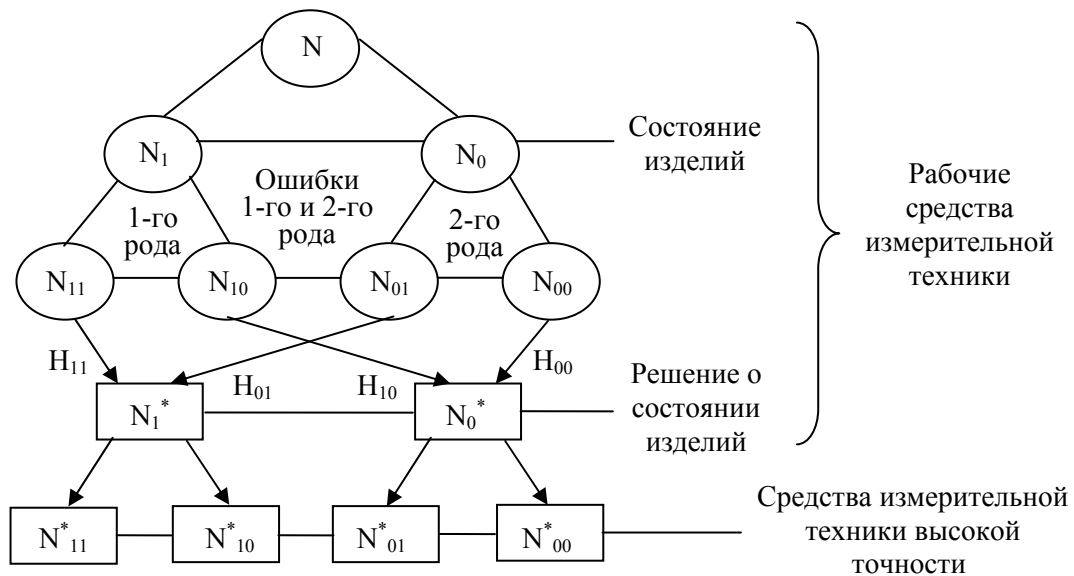


Рис. 1. Двухступенчатая структура контроля изделий

Достоверность контроля – вероятность принятия правильного решения, определяемая по формуле

$$D = P(H_{11}) + P(H_{00}) = 1 - [P(H_{10}) + P(H_{01})]. \quad (2)$$

Для расчета вероятностей появления этих событий по существующим методикам необходимо знать суммарную ошибку измерений средства измерительной техники, которое используется для контроля, допускаемое отклонение измеряемого параметра, закон распределения плотности вероятности ошибок измерения и плотность вероятности контролируемого параметра.

Если на второй ступени контроля станут известны: число правильно принятых решений об исправности изделий – N_{11}^* , число правильно принятых решений о неисправности изделий – N_{00}^* , число ошибочно принятых решений об исправности неисправных изделий – N_{01}^* , число ошибочно принятых решений о неисправности исправных изделий – N_{10}^* , то можно статистически оценить значения вероятностей принятия правильных решений, а также вероятностей ложного отказа и необнаруженного отказа.

Безусловные вероятности правильных решений $P(H_{11})$ и $P(H_{00})$ можно определить по формулам

$$P(H_{11}) = \frac{N_{11}^*}{N}; \quad P(H_{00}) = \frac{N_{00}^*}{N}. \quad (3)$$

Безусловные вероятности ошибочно принятых решений $P(H_{01})$ и $P(H_{10})$ можно определить по формулам

$$P(H_{01}) = \frac{N_{01}^*}{N}; \quad P(H_{10}) = \frac{N_{10}^*}{N}. \quad (4)$$

Условная вероятность ложного отказа $P(H_{10}/N_1)$ – это условная вероятность того, что исправный объект в результате контроля признан неисправным

$$P(H_{10}/N_1) = \frac{N_{10}^*}{N_1}. \quad (5)$$

Условная вероятность необнаруженного отказа $P(H_{01}/N_0)$ – это условная вероятность того, что неисправный объект в результате контроля признан исправным

$$P(H_{01}/N_0) = \frac{N_{01}^*}{N_0}. \quad (6)$$

Условная вероятность принятия правильного решения $P(H_{11}/N_1)$ – это условная вероятность того, что исправный объект в результате контроля признан исправным

$$P(H_{11}/N_1) = \frac{N_{11}^*}{N_1}. \quad (7)$$

Условная вероятность принятия правильного решения $P(H_{00}/N_0)$ – это условная вероят-

ность того, что неисправный объект в результате контроля признан исправным

$$P(H_{00}/N_0) = \frac{N_{00}^*}{N_0^*}. \quad (8)$$

На практике число ошибочных решений N_{10} и N_{01} неизвестны, а известны принятые решения N_1^* и N_0^* . Задачу оценки числа ошибочных решений можно решить, если измерения параметра проводить не одним средством измерительной техники, а последовательно, сначала рабочим средством измерительной техники, указанным в технической документации на изделие, а затем средством измерительной техники высокой точности, погрешность которого на порядок меньше погрешности рабочего средства измерительной техники, которым был выполнен первичный контроль. Такие измерения целесообразно выполнять во время проведения испытаний и через некоторое время эксплуатации (как это делается, например, при периодической проверке средств измерительной техники).

Предположим, что на проверку поступило $N = 1000$ изделий. По результатам проверки, проведенной с помощью рабочих средств измерительной техники, исправными признаны $N_1^* = 650$ изделий, а неисправными $N_0^* = 350$ изделий. При принятии решений об исправности были допущены ошибки первого и второго рода, то есть часть исправных изделий признаны неисправными, а часть неисправных изделий признаны исправными. Такая проверка не позволяет оценить число ошибочных решений.

Для экспериментальной оценки числа ошибочных решений необходимо провести контроль проверенных изделий N_1^* и N_0^* средствами измерительной техники высокой точности. В результате второй ступени контроля 50 исправных изделий (N_{10}^*) признаны неисправными, а 100 неисправных изделий (N_{01}^*) признаны исправными. По формулам (2)–(4) оцениваем вероятности правильных и ошибочных решений, достоверность контроля

$$P(H_{11}) = \frac{550}{1000} = 0,55; \quad P(H_{00}) = \frac{300}{1000} = 0,3;$$

$$P(H_{01}) = \frac{100}{1000} = 0,1; \quad P(H_{10}) = \frac{50}{1000} = 0,05;$$

$$D = 0,55 + 0,3 = 1 - (0,1 + 0,05) = 0,85.$$

Таким образом, для обнаружения ошибочных решений об исправности изделий необходимо изделия N_1^* и N_0^* проверить более точным средством измерительной техники. В результате такой проверки можно экспериментально оценить значения ошибочно принятых решений.

Выводы

В классическом варианте оценки работоспособности изделия по состоянию его параметров используется одноступенчатая система контроля, которая выражается в том, что измерения каждого из параметров изделия проводятся только рабочим средством измерительной техники, указанным в технической документации на изделие. При этом невозможно практически оценить достоверность контроля. Предлагаемый вариант позволяет не только определить работоспособность изделия, но и экспериментально оценить достоверность контроля. Кроме того, в данном случае для оценки достоверности контроля не требуется знание законов распределения контролируемого параметра и погрешностей рабочих средств измерительной техники.

Литература

1. Стаднік В.В. Вплив похибок засобів вимірювальної техніки на достовірність контролю / В.В. Стаднік, В.Я. Фролов // Вестник ХНАДУ : сб. научн. тр. – Харьков : ХНАДУ. – 2010. – Вып. 49. – С. 130–132.
2. Мигаль В.Д. Техническая кибернетика транспорта. Раздел 11. Кибернетические системы управления техническим состоянием машин / В.Д. Мигаль. – Харьков : ХНАДУ, 2006. – 100 с.

Рецензент: А.В. Полярус, профессор, д. т. н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 1 июня 2011 г.