

# Оптимизация выходного измерительного контроля серийно выпускаемой продукции

Изложен подход к оптимизации методик выходного контроля качества серийно выпускаемой продукции по экономическому критерию. Метод основан на применении имитационной модели процедуры контроля



## С.Б. Данилевич

профессор ФГАОУ ДПО АСМС,  
действительный член Академии  
проблем качества,  
г. Новосибирск,  
ser-danilevich@yandex.ru,  
д-р техн. наук

## Т.М. Соловьева

аспирант Сибирской  
государственной геодезической  
академии (СГГА),  
г. Новосибирск,  
s\_t\_m\_83@mail.ru

елью выходного контроля качества продукции является обеспечение требуемого заказчиком качества. Уменьшая себестоимость товаров, производители стремятся минимизировать затраты на организацию и проведение выходного контроля. В связи с этим целесообразно оптимизировать требования к точности измерений, выполняемых при контроле [1–5].

В статье предложен подход к оптимизации по экономическому критерию методик допускового измерительного контроля серийно выпускаемых изделий. В его основе лежат следующие допущения:

- качество изделия характеризуется несколькими параметрами, и каждый параметр должен находиться в установленных нормативными документами допусках;
- при выпуске из производства все параметры изделия подлежат выходному измерительному контролю (применяется сплошной контроль).

Оптимальные методики минимизируют средние затраты производителя на организацию и выполнение контроля, а также потери, связанные с эксплуатацией поступивших к заказчику негодных изделий (последнее является следствием ошибок контроля второго рода) [4, 5].

Достоверность результатов выходного контроля серийно выпускаемой продукции характеризуется рисками заказчика  $R_z$  и производителя  $R_n$  [6]. При планировании методик многопараметрического измерительного контроля необходимо решить следующие задачи [3–9]:

- определить оптимальную номенклатуру контролируемых параметров;
- установить требования к точности измерений каждого из них;
- обоснованно выбрать средства и методику измерений.

Кроме этого, необходимо установить для наиболее «важных» контролируемых параметров значения контрольных допусков (более жестких, чем эксплуатационные). При выборочном контроле нужно определить объем контролируемой выборки изделий, обеспечивающий требуемую достоверность результатов.

Методика контроля изделий будет оптимальной, если она минимизирует затраты на контроль и потери, вызванные ошибками контроля, в течение заданного интервала времени (например, года).

Необходимое условие решения задач по оптимизации методик контроля — стабильность технологии производства продукции.

Положим, что все определяющие качество изделия параметры идентичны и контролируются однотипными контрольно-измерительными приборами (КИП). Тогда целевая функция, определяющая связанные с контролем затраты производителя и потери заказчика (потребителя), имеет вид:

$$C = \min \{ C_1(\sigma_n, V_n) \cdot (V_n / V_n) + C_2 V_n R_n + C_3 V_n R_z \}, \quad (1)$$

где  $C_1(\sigma_n, V_n)$  — средние затраты на приобретение, эксплуатацию и метрологическое обслуживание одного контрольно-измерительного прибора в течение года, зависят от  $\sigma_n$  — среднего квадратического отклонения (СКО) погрешности измерений — и  $V_n$  — количества изделий, контролируемых одним КИП в течение года (то есть его производительности и надежности);

$V_n$  — количество изделий в партии, подвергаемой контролю в течение года (годовой объем поставок изделий заказчику);

$C_2$  — средние потери производителя, вызванные ошибочным забракованием в результате контроля годных

## ключевые слова

измерительный  
многопараметрический  
контроль, риск заказчика, риск  
производителя, имитационное  
моделирование, оптимизация

изделий (потери от ошибки контроля первого рода);

$C_3$  — средние потери производителя, связанные с поставкой заказчику одного негодного изделия (потери от ошибки контроля второго рода).

Из (1) следует, что для вычисления целевой функции, кроме экономической информации, необходимо знать риски заказчика и производителя. Оценка последних может быть получена методом имитационного (статистического) моделирования [3–9].

Потери  $C_3$  могут быть выявлены только потребителем изделий, причем объективная их оценка не всегда возможна. Кроме того, за поставку брака заказчиком могут быть установлены штрафные санкции, не связанные напрямую с реальными потерями потребителя. Если оценить потери  $C_3$  невозможно, предлагается решать задачу условной оптимизации контроля. Этот подход заключается в минимизации затрат на контроль и потерь производителя при условии выполнения неравенства:

$$R_3 \leq R_3^d, \quad (2)$$

где  $R_3^d$  — установленное заказчиком допустимое значение  $R_3$ .

В этом случае целевая функция примет следующий вид:

$$C^* = \min \{ C_1(\sigma_n, V_n) \cdot V_n / V_{\text{н}} + C_2 V_{\text{п}} R_{\text{п}} \}. \quad (3)$$

Условно оптимальной будет методика контроля, при которой  $C^*$  примет минимальное значение. Задача условной оптимизации сплошного измерительного контроля заключается в выборе КИП (исходя из значений  $\sigma_{\text{н}}$  и  $V_{\text{н}}$ ), обеспечивающих выполнение неравенства (2) при минимизации целевой функции (3).

Применение предложенного подхода возможно, если будут получены достаточно точные оценки  $R_3$  и  $R_{\text{п}}$ . Эту задачу предлагается решать методом имитационного (статистического) моделирования процедуры контроля.

В качестве примера рассмотрим результаты моделирования процедуры сплошного контроля партии изделий. Качество каждого изделия

При планировании работ по повышению качества продукции следует сравнивать затраты на совершенствование технологии производства с затратами на организацию и выполнение выходного контроля (с учетом потерь от его ошибок)

(объекта контроля) характеризуется тридцатью идентичными параметрами  $X_i$  ( $i = 1...30$ ), подлежащими контролю. Параметры независимы и представляют собой нормально распределенные (по совокупности изделий) случайные величины с известными математическими ожиданиями и одинаковыми значениями СКО  $\sigma_i = \sigma$ . Расчеты выполнялись для трех значений СКО:  $\sigma = 1; 0,9$  и  $0,8$ . А предельно допускаемое значение для каждого параметра  $\Delta_i = \Delta = \pm 3$  (то есть установлен двусторонний допуск на параметры).

Риск заказчика определяется не только погрешностью измерений, но и качеством технологического процесса изготовления изделий, характеризуемого отношением  $\Delta / \sigma$ . При совершенной технологии доля бракованных изделий в партии может быть достаточно малой. Если она заведомо не превышает  $R_3^d$ , то выходной контроль признается нецелесообразным [9, 10]. Для принятой модели объекта контроля доля бракованных изделий в партии составляет: ~ 7,79 % при  $\sigma = 1$ ; ~ 2,56 % при  $\sigma = 0,9$  и ~ 0,52 % при  $\sigma = 0,8$ .

В табл. 1 приведены оценки искомых рисков, полученные для модели погрешности измерений в виде равномерно распределенных случайных величин со СКО погрешности измерений  $\sigma_{\text{и}} = 0,1; 0,2$  и  $0,3$ .