

EUROLAB "Cook Book" – Doc No. 8  
Translated into Russian by LLC "Profilab" (with the permission of EUROLAB)

"Поваренная книга" EUROLAB – Документ No. 8  
Переведено на русский язык ООО "Профилаб" (с разрешения EUROLAB)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ЗАДАНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ – ВОЗМОЖНЫЕ СТРАТЕГИИ

### Введение

Оценка соответствия является общей деятельностью, которая выполняется при испытаниях, инспекции и калибровке, необходимой для обеспечения соответствия продукции, материалов, услуг и систем требованиям, установленным в стандартах, нормативных документах, правовых актах и договорных соглашениях, с целью обеспечения доверия со стороны потребителей, безопасности и качества жизни. Сегодня это оказывает значительное влияние на мировую экономику, поскольку предполагает принятие и отклонение объектов, что напрямую влияет на анализ рисков, деловые решения и расходы на репутацию и финансовые операции.

При оценке соответствия на основании количественных результатов можно рассмотреть различные сценарии, которые могут быть изучены на примере четырех конкретных случаев (варианты от А до D на рисунке 1). При этом варианты А и D приводят к принятию однозначного решения, на которое не влияет неопределенность измерений. Однако варианты В и С, при которых интервал неопределенности измерений перекрывает предельное значение, требуют тщательного анализа. Такой анализ должен установить объективные критерии (правило принятия решения) для принятия результатов, у которых часть интервала неопределенности измерений выходит за пределы допуска.

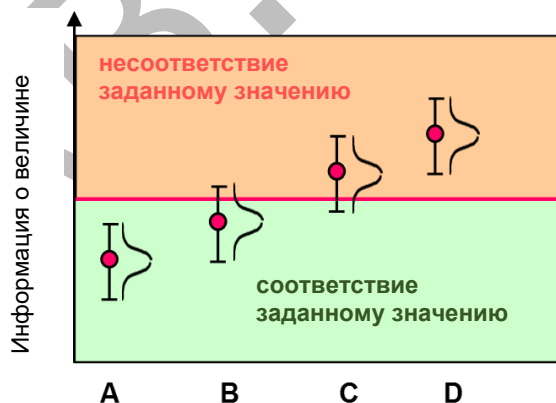


Рисунок 1 – Результаты испытаний и их неопределенности измерений по отношению к верхнему предельному значению

### Общий подход к оценке соответствия

Решающим при определении приемлемого правила принятия решения является вопрос о том, что следует доказать при оценке соответствия: соответствие или несоответствие спецификации (техническим условиям) или предельному значению. В зависимости от ответа нужно установить риск поставщика ( $\alpha$ ) или риск потребителя ( $\beta$ ).

Процедуру по выполнению оценки соответствия можно установить, основываясь на следующих шагах:

- Подробное описание измеряемой величины ( $Y$ ) и измерения подвергаемого испытанию объекта.
- Экспериментальные / аналитические результаты (оценки  $u$  измеряемой величины  $Y$ ).
- Стандартная неопределенность измерений,  $u(y)$ , и для определенного уровня доверия, расширенная неопределенность измерений.
- Установленные в спецификации единственная граница допуска (верхняя или нижняя) или пределы допуска.

- e. Установление зоны соответствия, зоны несоответствия и защитной полосы для предполагаемой вероятности ошибки I рода (риск поставщика  $\alpha$ ) или ошибки II рода (риск потребителя  $\beta$ ).
- f. Правило принятия решения.

Принятая терминология описана в известных источниках [EURACHEM Guide:2007], [ASME B89.7.3.1:2001] и [EUROLAB Technical Report 1/2017]. Особенно важны два термина:

- **Правило принятия решения:** документированное правило, которое описывает, как будет располагаться неопределенность измерений при принятии или отклонении продукции в соответствии с ее спецификацией и результатом измерения
- **Защитная полоса:** значение смещения от установленного предела до границы зоны соответствия или несоответствия

### Установление правила принятия решения

В тех случаях, когда законодательные акты или стандарты содержат положения о соответствии спецификации или предельным значениям с учетом неопределенности измерений, должны применяться эти положения. В случае отсутствия таких положений, правила должны быть установлены до проведения испытаний для удовлетворения требований рынка или требований безопасности.

Международный стандарт ISO 14253-1:2017, часть 1: *Правила принятия решения для проверки соответствия или несоответствия спецификации* проводит различие, следует ли определять соответствие или несоответствие с высокой степенью вероятности. В общем случае считаются приемлемыми расширенная неопределенность измерений  $U$  и уровень доверия приблизительно 95 % (коэффициент охвата  $k = 2$ ). Более высокий уровень доверия, например, 99 % (коэффициент охвата  $k = 3$ ), выбирается только в исключительных случаях.

При установлении критериев принятия решения следует принимать во внимание, заданы ли требования в спецификации в виде интервала или предела (верхний или нижний), нужно ли рассматривать защитные полосы и, если да, должны ли они уменьшать или увеличивать интервал соответствия. Нижеприведенные рисунки иллюстрируют различные возможные варианты ( $T_U$  – верхний предел допуска;  $G_U$  – верхний предел защитной полосы,  $T_L$  – нижний предел допуска,  $G_L$  – нижний предел защитной полосы,  $U(y)$  – расширенная неопределенность измерений).

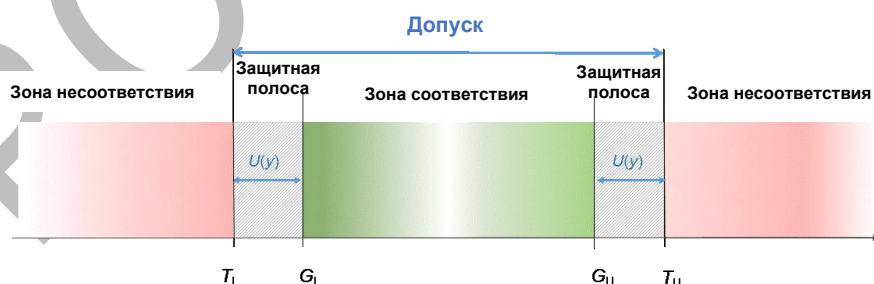


Рисунок 2 – Пример области, определенной для допуска с целью минимизации риска потребителя

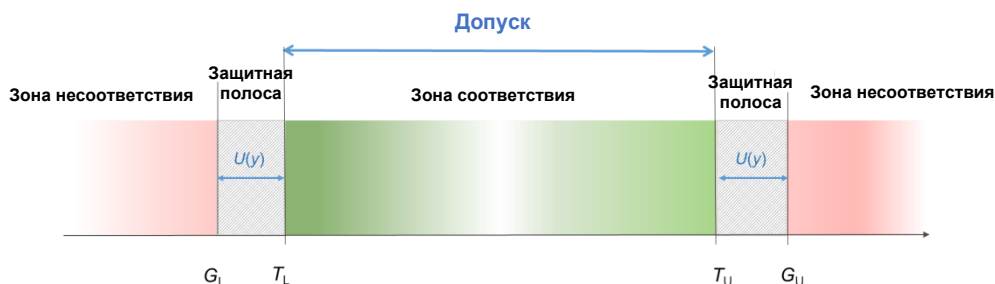


Рисунок 3 – Пример области, определенной для допуска с целью минимизации риска поставщика

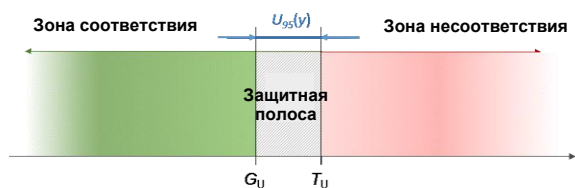


Рисунок 4 – Защитная полоса для верхнего предела допуска и предусмотрительное соответствие, определенное с уровнем доверия 95 %

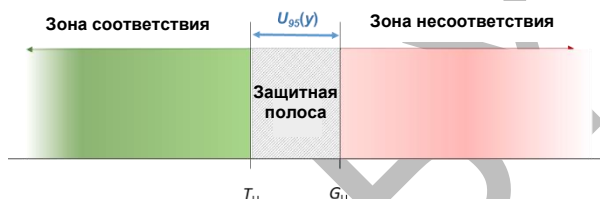


Рисунок 5 – Защитная полоса для верхнего предела допуска и предусмотрительное несоответствие

В случае если используются защитные полосы, в особенности для результатов измерений с одинаковой неопределенностью, можно применить простую стратегию по установлению правила принятия решения путем сравнения результатов измерений с пределами зоны соответствия, когда измеренное значение должно находиться в пределах зоны соответствия. В противном случае делается заключение о несоответствии.

Если результаты измерений имеют различные неопределенности измерений, то рекомендуется рассмотреть подход без защитных полос.

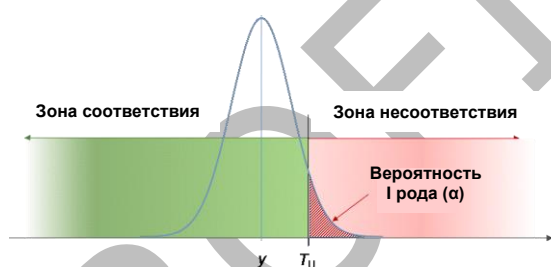


Рисунок 6 – Пример с односторонним верхним допуском

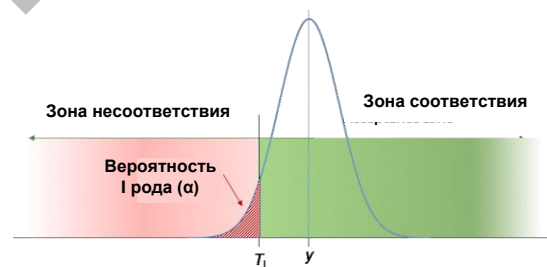


Рисунок 7 – Пример с односторонним нижним допуском

В таких случаях критерии могут быть установлены путем проверки выполнения гипотезы, где выполнение условия  $H_0$  предполагает решение о соответствии, а в противном случае, предполагает решение о несоответствии. Следовательно, принимая вероятность ошибки I рода ( $\alpha$ ), правило принятия решения может быть выражено как:

### Правило принятия решения

**Соответствие**, если гипотеза  $H_0$ :  $P(Y \leq T_U) \geq (1 - \alpha)$  верна;

**Несоответствие**, если гипотеза  $H_0$  неверна,  $P(Y \leq T_U) < (1 - \alpha)$ .

Выражение для критерия:  $P_C = P(\eta \leq T_U) = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right)$

Ниже приведен практический пример применения:

Рассмотрим оценку, полученную при измерении,  $y = 2,7$  мм с (прим. пер. – стандартной) неопределенностью  $u(y) = 0,2$  мм, верхний предел одностороннего допуска  $T_U = 3,0$  мм, а также требования к соответствию в виде  $(1 - \alpha)$  при 0,95 (95 %) и, таким образом, принимая ошибку I рода  $\alpha = 0,05$  (5 %).

Для указанных экспериментального результата и допуска в предположении функции нормального распределения вероятностей, правило принятия решений будет следующим:

**Соответствие**, если гипотеза  $H_0: P(Y \leq 3,0 \text{ mm}) \geq 0,95$  верна

**Несоответствие**, если гипотеза  $H_0: P(Y \leq 3,0 \text{ mm}) < 0,95$  неверна

Чтобы оценить вероятности для данного примера, вероятность соответствия ( $P_C$ ) нужно рассчитать, применяя общее выражение для функции нормального распределения вероятностей:

$$P_C = P(\eta \leq T_U) = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right)$$

$$P_C = \Phi\left(\frac{3,0 - 2,7}{0,2}\right) = \Phi(1,5) \approx 0,933 \text{ (93,3 \%)} < 0,95$$

Таким образом, гипотеза  $H_0$  неверна и принимается решение об ее отклонении (несоответствие).



**Примечание:**

Значение  $\Phi(z)$  может быть получено путем использования таблиц функции стандартного распределения вероятностей Гаусса или программным обеспечением с функциями для выполнения таких видов вычислений, например:

Функция MS Excel НОРМРАСП(x; среднее; стандартное\_откл; интегральная), для случая, описанного выше: НОРМРАСП(3,0; 2,7; 0,2; истина) с получением результата (0,933).

**Ссылки**

- [1] ISO 14253-1: Geometrical product specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 1: Decision rules for verifying conformity or nonconformity with specifications (2017)  
(ISO 14253-1:2017 Технические требования к геометрическим параметрам продукции (GPS) – Контроль посредством измерения деталей и измерительного оборудования – Часть 1: Правила принятия решений для подтверждения соответствия или несоответствия техническим требованиям)
- [2] EURACHEM Guide: Use of uncertainty information in compliance assessment (2007)  
(Руководство EURACHEM: Применение информации о неопределенности при оценке соответствия)
- [3] ASME B89.7.3.1: Guidelines for Decision Rules: Considering Measurement Uncertainty, Determining Conformance to Specifications (2001)  
(ASME B89.7.3.1: Руководящие указания по правилам принятия решения: Определение соответствия техническим требованиям с учетом неопределенности измерений)
- [4] EUROLAB Technical Report 1/2017: Decision rules applied to conformity assessment (2017)  
(Технический отчет EUROLAB 1/2017: Правила принятия решения, применяемые при оценке соответствия)
- [5] ISO/IEC Guide 98-4, Uncertainty of measurement – Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment (2012)  
(ISO/IEC Guide 98-4, Неопределенность измерений – Часть 4: Роль неопределенности измерений при оценке соответствия)

За перевод настоящей CookBook и любые дополнительные правки несет ответственность ООО «Профилаб» (Беларусь, Минск).