

**Правила принятия решения
о соответствии требованиям с учетом
неопределенности измерений**

(документ создан для ознакомительных целей и
разъясняет некоторые из возможных вариантов правил
принятия решения на основании международных
документов)

**Испытательный центр
РУП «Сертис» РУП «Белстройцентр»**

2020 г

Основные определения

Правило принятия решения – задокументированное правило, которое описывает, для заданного требования и результата измерения, способ учета неопределенности измерения при приемке или браковке объекта (JCGM 106:2012, 3.3.12).

Неопределенность измерений – неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, которые приписываются измеряемой величине на основании используемой информации (VIM 3, 2.26).

Риск ложной приемки – вероятность того, что конкретный принятый объект окажется несоответствующим (OIML G 19, 2.18).

Риск ложной браковки – вероятность того, что конкретный забракованный объект окажется соответствующим (OIML G 19, 2.19).

Совместный риск – риск, основанный на соглашении между сторонами, заинтересованными в результате испытания, о том, что ни одна из сторон не получит преимущество или не будет нести убытки из-за учета неопределенности измерений (OIML G 19, 2.20).

Результат измерений – набор значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией (VIM 3, 2.9).

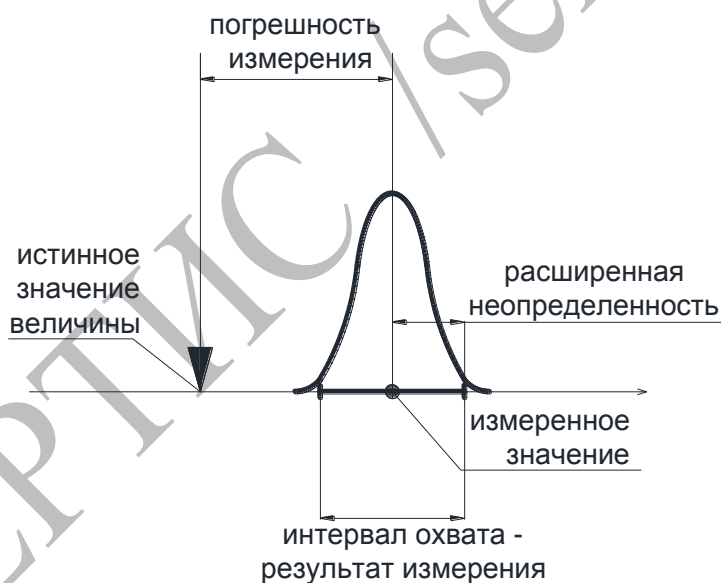


Рисунок 1. Графическое пояснение понятий.

Правила принятия решения могут быть установлены:

1. Регулятором;
2. Нормативным актом;
3. Спецификацией на продукцию;
4. Заказчиком (документально оформлено между Заказчиком и ИЦ).

Варианты правил принятия решения

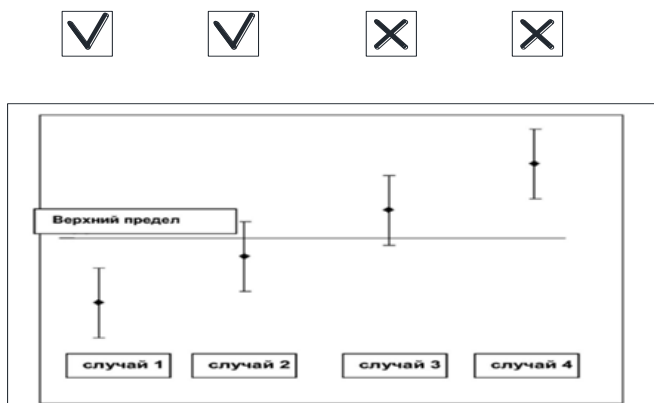
(на основании JCGM 106:2012, OIML G 19:2017, Руководство EURACHEM/CITAC,
ISO 10576-1:2003, СТБ ISO 14253-1-2016)

1. Бинарное заявление (соответствует/ не соответствует)

1.1 Бинарное заявление для правила простого принятия (без защитной полосы ($w=0$))

(результат предполагается соответствующим требованиям, если измеренное значение (см. рис.1) не превышает заданного предела).

Соответствие в случаях 1 и 2, несоответствие в случаях 3 и 4.



В данном случае неопределенность не учитывается, т.к. речь идет об измеренном значении, а не о результате измерения. Но в таком случае возникает риск ложной приемки и/или риск ложной браковки.

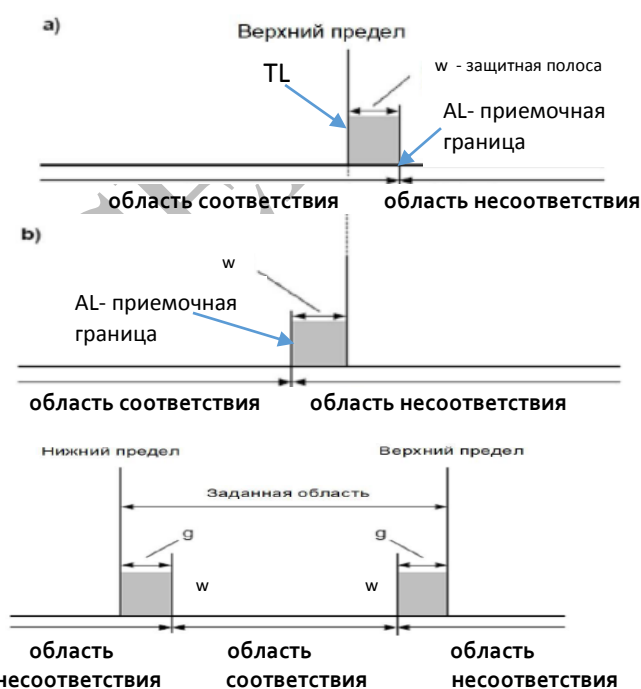
Вероятность оказаться вне поля допуска может достигать 50 % в том случае, если измеренное значение находится прямо на пределе поля допуска (подразумевается симметричное нормальное распределение результатов)

Рис.1.1 Бинарное заявление для правила простого принятия

1.2 Бинарное заявление с защитной полосой ($w \neq 0$)

Результат предполагается соответствующим требованиям, если измеренное значение лежит в области соответствия, и несоответствующий требованиям, если измеренное значение лежит в области несоответствия.

Защитная полоса - интервал между границей поля допуска и соответствующей приемочной границей, где $w = |TL - AL|$.



$$w = k_a \cdot u$$

k_a – множитель, значение которого зависит от заданной вероятности ошибочного решения α и распределения измеряемой величины.

Области соответствия и несоответствия для одностороннего предела:

случай а) – для высокой вероятности правильного отклонения;
случай б) – для высокой вероятности правильного принятия.

Области соответствия и несоответствия для двустороннего предела

Рис.1.2 Бинарное заявление с защитной полосой

Пример:

При производстве стали одним из требований является требование к содержанию никеля. Для нержавеющей стали массовая доля никеля должна находиться в диапазоне от 16,0 % до 18,0 %.

Измеряемая величина – массовая доля никеля в партии стали, поставляемой заказчику.

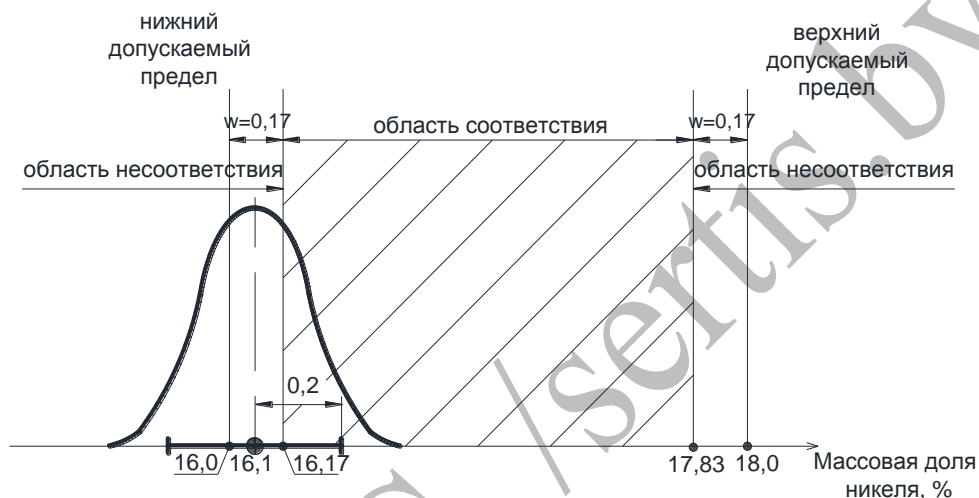
Результат измерения (16,1 ± 0,2) %, k=2, P=95 %. $u=U/k=0.2/2=0.1$ %*

** - неопределенность измерений включает неопределенности пробоотбора и аналитического измерения.*

Правила принятия решений: предел принятия решения соответствует массовой доле, при которой с вероятностью приблизительно 95 % ($\alpha=5$ %) можно сделать заключение, что массовая доля никеля в партии не превысит верхний предел и не будет ниже заданного предела.

*Рассчитываем защитную полосу: $w=1,65*0,1=0,17$ %.*

Верхний предел принятия решений: $18,0-0,17=17,83$ %. Нижний предел принятия решений: $16+0,17=16,17$ %.



2. Небинарное заявление с защитной полосой (соответствует/условно соответствует/ условно не соответствует/ не соответствует)

Результат предполагается соответствующим требованиям, если **результат измерения** (см. рис.1) ниже приемочной границы (AL).

Результат предполагается несоответствующим требованиям, если **результат измерения** (см. рис.1) выше приемочной границы (AL) и верхнего предела (TL).

Результат предполагается **условно соответствующим** требованиям, если **результат измерения** (см. рис.1) внутри защитной полосы и ниже верхнего предела (TL).

Результат предполагается **условно несоответствующим** требованиям, если **результат измерения** (см. рис.1) внутри защитной полосы и выше верхнего предела (TL).

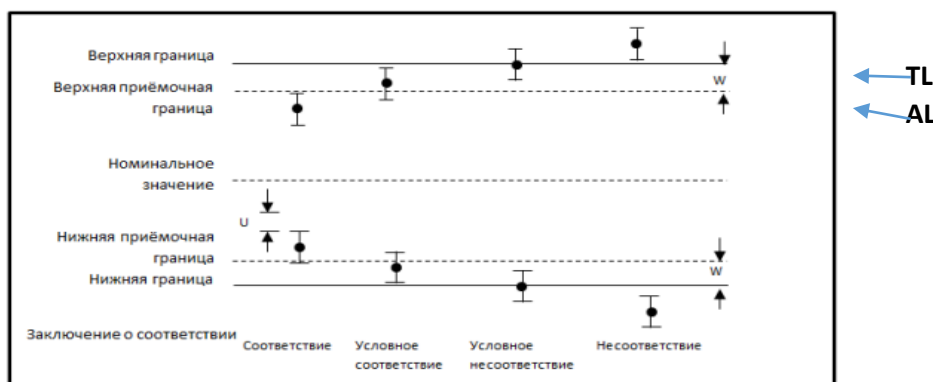


Рис. 2. Небинарное заявление с защитной полосой.

Пример выбора ширины защитной полосы (w) для нормального распределения

	$P=50\%$	$P=95\%$	$P=97\%$	$P=99\%$	$P=99,9\%$
k_α	0	1.64	1.88	2.33	3.09
w	0	$1.64 \cdot u$	$1.88 \cdot u$	$2.33 \cdot u$	$3.09 \cdot u$

Выбор защитной полосы в зависимости от уровня специфического риска

Правило принятия решения	Защитная полоса w	Специфический риск
6 сигма	3 U	< 1 ppm PFA
3 сигма	1.5 U	< 0.16 % PFA
ILAC G8:2017 правило	1 U	< 2.5 % PFA
ISO 14253-1:2017	0.83 U	< 5 % PFA
Простое принятие	0	< 50 % PFA
Некритично	-U	< 2.5 % PFR. Изделие отбраковывается при измеренном значении выше $AL=TL+U$
Определено Заказчиком	R U	Заказчик может сам назначить арбитражное R для своей защитной полосы

PFA – возможность ложного принятия. PFR – вероятность ложного непринятия. Предполагается односторонняя спецификация и нормальное распределение результатов.

3. Правила принятия решения с высокой вероятностью несоответствия

(результат предполагается несоответствующим требованиям, если результат измерения (см. рис.1) превышает предел).

Несоответствие только в случае 4.

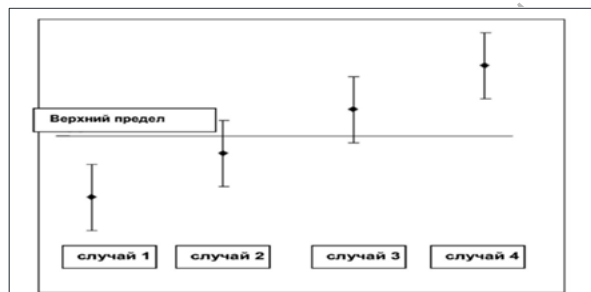


Рис. 3. Правила принятия решения с высокой вероятностью несоответствия

4. Правила принятия решения с высокой вероятностью соответствия

(результат предполагается соответствующим требованиям, если результат измерения (см. рис.1) не превышает предел).

Соответствие только в случае 1.

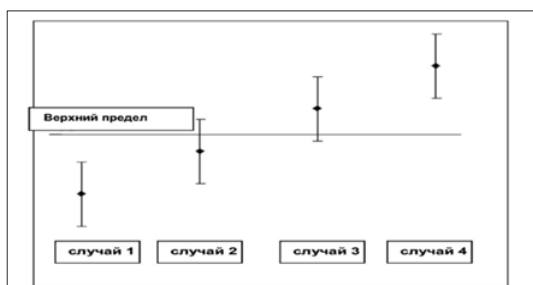
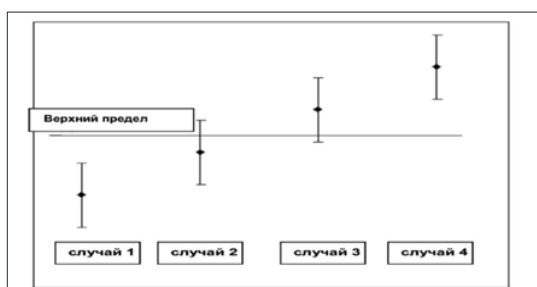


Рис.4. Правила принятия решения с высокой вероятностью соответствия

5. Правила принятия решения с ограничением неопределенности измерений

(результат предполагается несоответствующим требованиям, если измеренное значение (см. рис.1) лежит выше допуссаемого предела и соответствующей требованиям, если измеренное значение лежит ниже допуссаемого предела, при условии, что неопределенность ниже заданного значения).

Соответствие в случаях 1 и 2, несоответствие в случаях 3 и 4, при условии, что неопределенность ниже заданного значения ($U \leq U_{targ}$).



При условии: $U \leq U_{targ}$

U_{targ} – целевая неопределенность измерений – неопределенность измерений, заранее установленная как верхний предел и принятая исходя из предполагаемого использования результатов измерений (VIM 3, 2.34).

Рис.5. Правила принятия решения с ограничением неопределенности измерений

6. Правила принятия решений с использованием показателя измерительных возможностей

Показатель измерительных возможностей – параметр, который характеризует качество измерения относительно требования, заданного с помощью допуска.

Показатель измерительных возможностей (C_m) – допуск, разделенный на число, кратное стандартной неопределенности измерений, соответствующей измеренному значению свойства объекта (JCGM 106, 3.3.17)

$$C_m = (T_U - T_L) / 2U = T / 2U = T / 4u$$

где U – расширенная неопределенность, u – стандартная неопределенность,

T – допуск.

Вероятность соответствия p_c при заданных границах поля допуска (T_U, T_L):

$$p_c = \Phi[4C_m(1 - \tilde{y})] - \Phi[-4C_m\tilde{y}] = p_c(\tilde{y}, C_m), \quad \tilde{y} = \frac{\eta_m - T_L}{T}$$

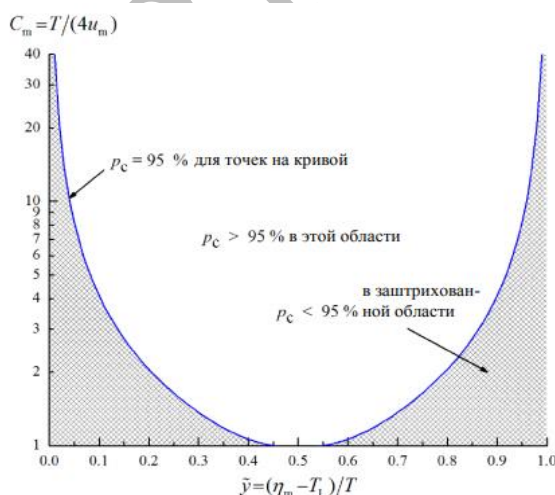


Рисунок 6. Диаграмма, показывающая соотношение между C_m и \tilde{y} , при котором значение вероятности соответствия p_c является постоянным и равным 95%. Кривая разделяет области соответствия и несоответствия при 95-процентном уровне доверия. Полученное после измерения распределение для измерения величины U принимается, как нормальная PDF.

7. Правила принятия решений с вычислением рисков

Объект соответствует заданному требованию, если истинное значение его свойства Y лежит внутри поля допуска. Знания об Y представляется с помощью функции плотности вероятности (PDF) $f(x_i)$ таким образом, что заявление о соответствии всегда является заключением, имеющим некоторую вероятность того, что оно является истинным.

Вероятность соответствия (p_c): $p_c = \int_c f(x_i) dx$.

Вероятность несоответствия (\bar{p}_c): $\bar{p}_c = 1 - p_c$.

Для нормального распределения вероятность нахождения значения величины в границах от a до b рассчитывается как:

$$Pr(a \leq Y \leq b | x_i) = \Phi\left(\frac{b-y}{u}\right) - \Phi\left(\frac{a-y}{u}\right).$$

Пример:

Металлический контейнер подвергается испытаниям на разрушение с использованием воды под давлением при измерении его прочности на разрыв B .

В технических требованиях на контейнер сказано, что $B \geq 490$ кПа, что является нижней границей поля допуска прочности на разрыв.

Измеряемая величина – прочность на разрыв контейнера.

Результат измерения ($509,7 \pm 17,2$) кПа, $k = 2$, $P = 95\%$. $u = U/k = 17,2/2 = 8,6$ кПа.

Вероятность соответствия рассчитывается как:

$$p_c = Pr(490 \leq B \leq +\infty | 509.7) = \Phi\left(\frac{\infty - 509.7}{8.6}\right) - \Phi\left(\frac{490 - 509.7}{8.6}\right) = \\ = \Phi(\infty) - \Phi(-2.3) = 1 - 0.01 = 0.99$$

Вывод: вероятность того, что перед испытанием на разрушение контейнер соответствует техническим требованиям, составляет 99 %.

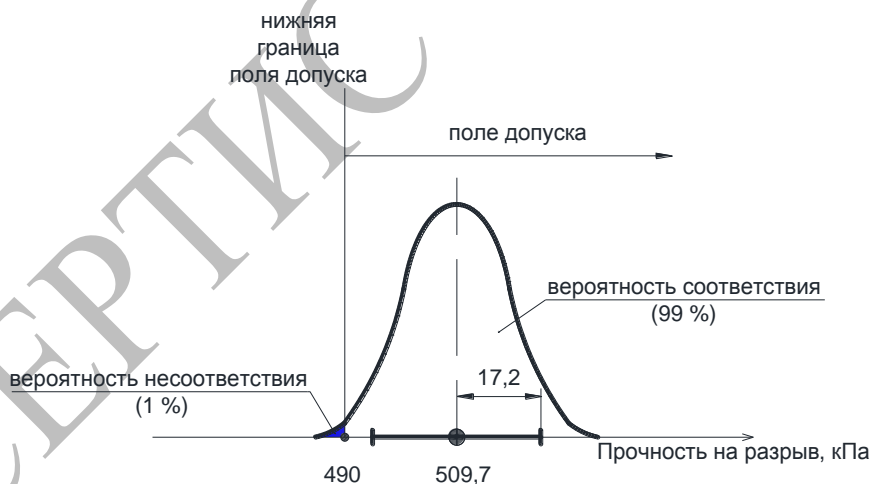


Рисунок 7. Правила принятия решений с вычислением рисков