

**Правила принятия решений о соответствии
при калибровке средств измерений**

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	2
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Термины и определения	2
4 Общие положения	3
5 Бинарное заключение по вероятности наступления риска	4
6 Бинарное заключение для правила простого принятия.....	5
7 Бинарное заключение с защитной полосой	6
8 Небинарное заключение с защитной полосой.....	6
Приложение А Пример расчета	7

1 Введение

1.1 Настоящая инструкция разработана на основе [OIML G 19](#) с учетом положений [ILAC-G8:09/2019](#) и предназначена для применения при оценке соответствия средств измерений предъявляемым к ним требованиям при их калибровке.

2 Нормативные ссылки

2.1 OIML G 19:2017 The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology.

2.2 ILAC G8:09/2019 Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity.

2.3 РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

2.4 ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

3 Термины и определения

3.1 В настоящей инструкции применены следующие термины с соответствующими определениями:

- **калибровка (средств измерений)**: совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений [[РМГ 29-2013](#), п. 9.6];

- **метрологическая характеристика (средства измерений)**: характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений [[РМГ 29-2013](#), п. 7.1];

- **неопределенность (измерений)**: неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации [[РМГ 29-2013](#), п. 5.34];

- **целевая неопределенность (измерений)**: верхняя граница неопределенности измерений, заранее установленная, исходя из предполагаемого использования результатов измерений [[РМГ 29-2013](#), п. 5.45];

- **средство измерений**: техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики [[РМГ 29-2013](#), п. 6.2];

- **защитная полоса (w)**: интервал между границей поля допуска и соответствующей приемочной границей [[ILAC G8:09/2019](#), п. 1.7];

- **правило принятия решения**: правило, которое описывает, как учитывается неопределенность измерений при принятии решения о соответствии установленному требованию [[ISO/IEC17025:2017](#), п. 3.7].

4 Общие положения

4.1 Общие подходы к принятию решения о соответствии представлены в блок-схеме на рисунке 1.



Рисунок 1 – Блок-схема принятия решений

4.2 В случае, если необходимость оценки соответствия результатов калибровки определена заказчиком в техническом задании или заявке при заказе услуги по калибровке средства измерений, то с заказчиком должно быть согласовано правило принятия решения:

4.2.1 если проводится оценка соответствия требованиям, представленным в стандартизованном документе и документом предусмотрены правила оценки соответствия – необходимо придерживаться этих правил;

4.2.2 если проводится оценка соответствия требованиям, представленным в стандартизованном документе (далее - документе) и документом не определены правила оценки соответствия, но имеются требования к метрологическим характеристикам

средства измерений (классы точности, пределы погрешности, целевая неопределенность и т.п.) – проводится оценка соответствия по одному из алгоритмов (п. 5 – 8) настоящей инструкции по согласованию с заказчиком с учетом требований документа;

4.2.3 если проводится оценка соответствия требованиям спецификации, представленной заказчиком, то по согласованию с ним могут применяться его правила оценки соответствия или алгоритмы по п. 5 – 8 настоящей инструкции.

5 Бинарное заключение по вероятности риска несоответствия

5.1 Вероятность соответствия СИ (P_{conf}) требованиям к точности измерений может быть оценена по формуле¹

$$P_{conf j} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \left(\int_{-\infty}^{z_l} \exp\left(\frac{-x^2}{2}\right) dx + \int_{z_u}^{\infty} \exp\left(\frac{-x^2}{2}\right) dx \right), \quad (1)$$

$$z_l = -\frac{\Delta_j + \Delta_{target j}}{u_{cj}}, \quad (2)$$

$$z_u = -\frac{\Delta_j - \Delta_{target j}}{u_{cj}}, \quad (3)$$

где $\Delta_{target j}$ – предел характеристики точности по спецификации (целевая неопределенность, приемочный интервал и т.п.) в j -й точке;

u_{cj} – суммарная стандартная неопределенность результата калибровки в j -й точке;

Δ_j – результат калибровки в j -й точке, который оценивают по формуле

$$\Delta_j = X_j - A_j, \quad (4)$$

где X_j – результат измерений калибруемым средством измерений в j -й точке;

A_j – опорное значение измеряемой величины (результат измерений эталоном, аттестованное значение стандартного образца и т.п.) в j -й точке.

5.2 Решение об оценке соответствия заказчик может принять самостоятельно исходя из установленной вероятности риска несоответствия (обычно $1-P=1-0,95=0,05$). Либо, на основании полученного значения P_{conf} в сертификате калибровки приводят заключение о соответствии предъявляемым требованиям при $P \leq P_{conf}$ или о несоответствии при $P > P_{conf}$.

5.3 При необходимости полную специфическую вероятность риска несоответствия можно оценить по формуле

$$P_{risk j} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \left(\int_{-\infty}^{z_l} \exp\left(\frac{-x^2}{2}\right) dx + \int_{z_u}^{\infty} \exp\left(\frac{-x^2}{2}\right) dx \right). \quad (5)$$

¹ В MS Excel $P_{conf}=1-(НОРМ.СТ.РАСП(z_l;1)+(1-НОРМ.СТ.РАСП(z_u;1)))$

5.4 В некоторых случаях удобно в сертификате калибровки указать только вероятность соответствия (например когда заказчику не известно значение P). Тогда рассчитывают величину z по формуле

$$z = \left| \frac{\Delta_{target_j} - \Delta_j}{u_{cj}} \right|, \quad (6)$$

а P_{conf} можно найти из таблицы 1².

Таблица 1 – Зависимость $P_{conf}(z)$

$P_{conf}, \%$	z	$P_{conf}, \%$	z	$P_{conf}, \%$	z
99,9	3,09	91	1,34	80	0,84
99,73	2,78	90	1,28	79	0,81
99	2,32	89	1,23	78	0,77
98	2,05	88	1,17	77	0,74
97	1,88	87	1,13	76	0,71
96	1,75	86	1,08	75	0,67
95,45	1,69	85	1,04	74	0,64
95	1,64	84	0,99	73	0,61
94	1,56	83	0,95	72	0,58
93	1,48	82	0,92	71	0,55
92	1,41	81	0,88	70	0,52

5.5 При заданном уровне доверия к результатам калибровки можно оценить приписываемую точность измерений для объекта калибровки путем решения обратной задачи подбором параметра Δ_{target_j} такого, что выполняется неравенство $P \leq P_{conf}$. При этом величину Δ_{target_j} следует округлить вверх до ближайшего кратного дискретности показаний объекта калибровки. Этот подход может быть реализован методом последовательных итераций³, если заказчику не известна требуемая или характерная точность измерений с помощью объекта калибровки. Однако, сообщая заказчику оценку Δ_{target} , его необходимо проинформировать о том, что для адекватной оценки предела характеристики точности в условиях эксплуатации, требуется учитывать данные о периодических калибровках или нестабильность объекта калибровки, т.е. величина u_{cj} должна включать неопределенность от нестабильности.

6 Бинарное заключение для правила простого принятия

6.1 Этот подход является частным случаем при $w=0$ и положительное решение о соответствии принимается при $\Delta_j \leq \Delta_{target_j}$, а отрицательно при $\Delta_j > \Delta_{target_j}$.

² в MS Excel $P_{conf} = НОРМ. СТ. РАСП(z; 1) \cdot 100$

³ в MS Excel вкладка «Данные» функция «Подбор параметра...» либо макрос visual basic вида: Range(P_{risk}).GoalSeek Goal:=0.05, ChangingCell:=Range(Δ_{target})

7 Бинарное заключение с защитной полосой

7.1 Положительное решения об оценке соответствия принимается при $\Delta_j \leq (\Delta_{target_j} - w_j)$, отрицательное при $\Delta_j > (\Delta_{target_j} - w_j)$. Величину защитной полосы оценивают по формуле

$$w_j = r \cdot 2 \cdot u_{cj}, \quad (7)$$

где r – коэффициент, который учитывает уровень доверия к результату.

7.2 В зависимости от уровня доверительной вероятности коэффициент r рассчитывается по формуле

$$r = z(P)/2, \quad (8)$$

где $z(P)$ – коэффициента охвата для нормального распределения при заданной вероятности P .

7.3 В таблице 1 приведены примеры различных защитных полос для достижения определенных уровней специфических рисков, основанных на требованиях заказчиков или документов.

Таблица 2 – Примеры выбора величины r

Правило	r	Специфический риск
6 σ	3	< 0,0001 %
3 σ	1,5	< 0,16 %
ILAC G8:2009	1	< 2,5 %
ISO 14253-1:2017	0,83	< 5 %
Простое принятие	0	< 50 %
Определено заказчиком	-	-

8 Небинарное заключение с защитной полосой

8.1 Положительное решения об оценке соответствия принимается при $\Delta_j \leq (\Delta_{target_j} - w_j)$, отрицательное при $\Delta_j > (\Delta_{target_j} - w_j)$, решение об условном соответствии принимается при $\Delta_j \in [\Delta_{target_j} - w_j; \Delta_{target_j}]$, а решение об условном несоответствии при $\Delta_j \in [\Delta_{target_j}; \Delta_{target_j} + w_j]$.

Пример расчета

Ниже приведен пример расчета P_{conf} для разных случаев⁴, а также заключения о соответствии по п. 6-8 при $r=1$.

Таблица А.1

№	A	X	Δ	Δ_{target}	u_c	z_l	z_u	$P_{conf}, \%$	$P_{risk}, \%$	п.6	п.7	п.8
1	5,0	5,0	0,0	3,0	0,5	-6,0	6,0	100,00	0,00	+	+	+
2	5,0	5,0	0,0	3,0	1,5	-2,0	2,0	95,45	4,55	+	+	+
3	5,0	7,1	2,1	3,0	0,5	-10,2	1,8	96,41	3,59	+	-	усл.+
4	5,0	8,5	3,5	3,0	0,5	-13,0	-1,0	15,87	84,13	-	-	усл.-
5	5,0	2,5	-2,5	3,0	0,5	-1,0	11,0	84,13	15,87	+	+	усл.+
6	5,0	9,1	4,1	3,0	0,5	-14,2	-2,2	1,39	98,61	-	-	-

На рисунке А.1 графически представлены результаты из таблицы А.1.

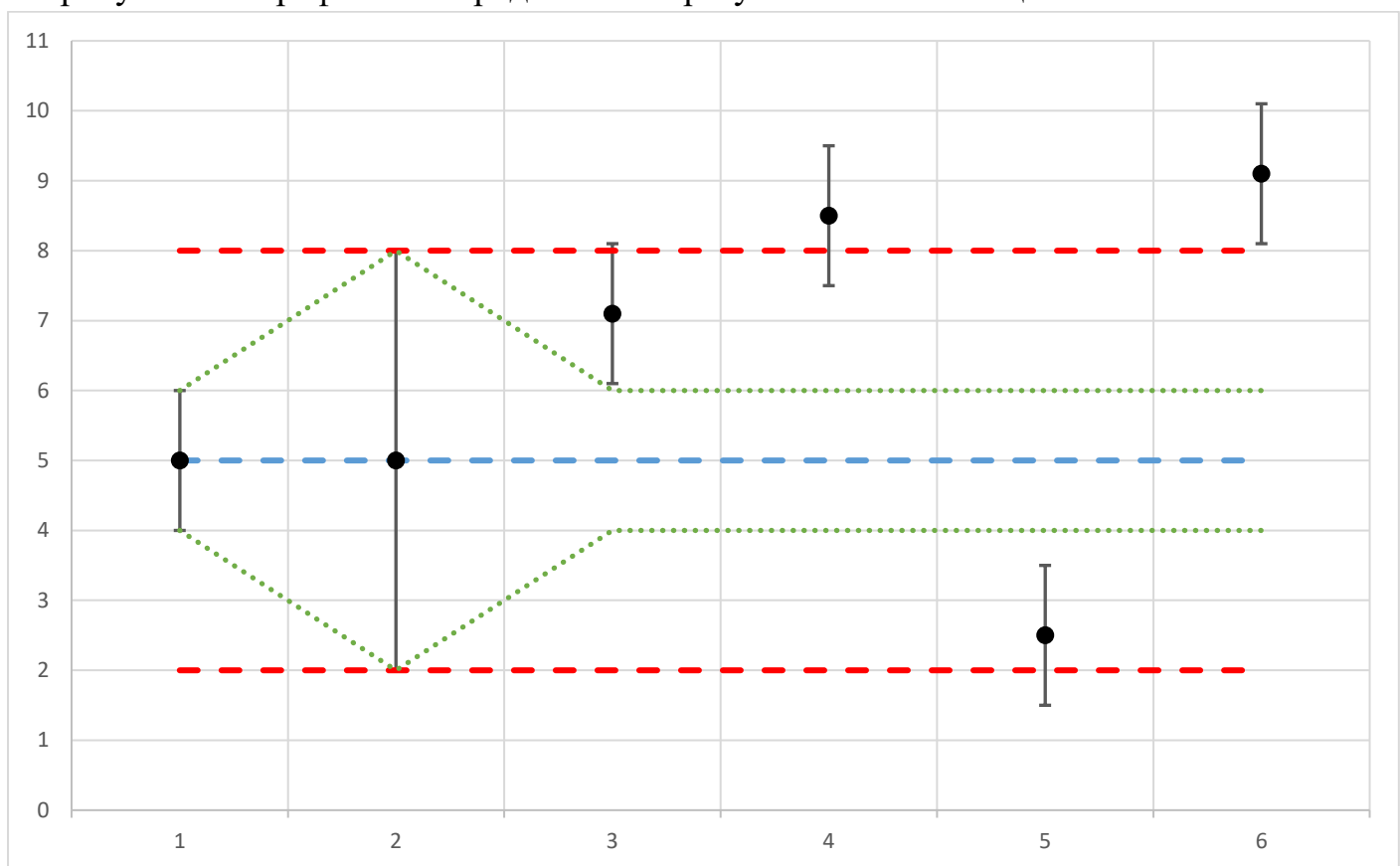


Рисунок А.1

На рисунках А.2-А.8 приведено графическое представление результатов калибровки (плотности вероятности) для случаев с 1-го по 6-й по таблице А.1. Площадь синего цвета соответствует величине P_{conf} , красного - P_{risk} .

⁴ Srđan Damjanović and Predrag Katanić. A program for conformity assessment of the calibration results with the specification//International Journal of Electrical Engineering and Computing Vol. 3, No. 1 (2019). DOI 10.7251/IJEEC1901009D

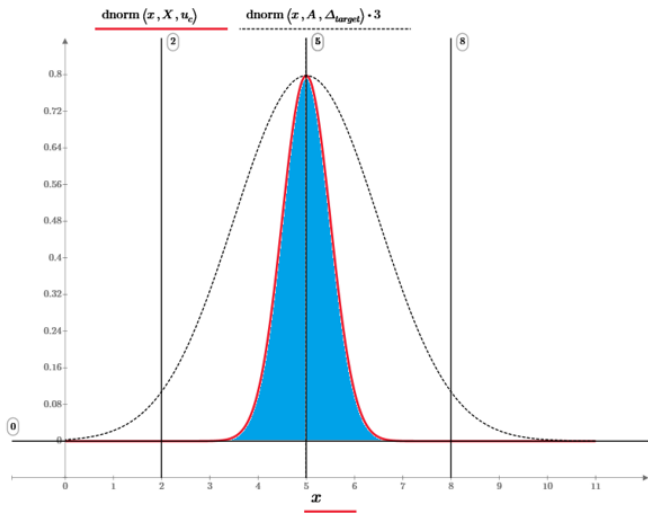


Рисунок А.2

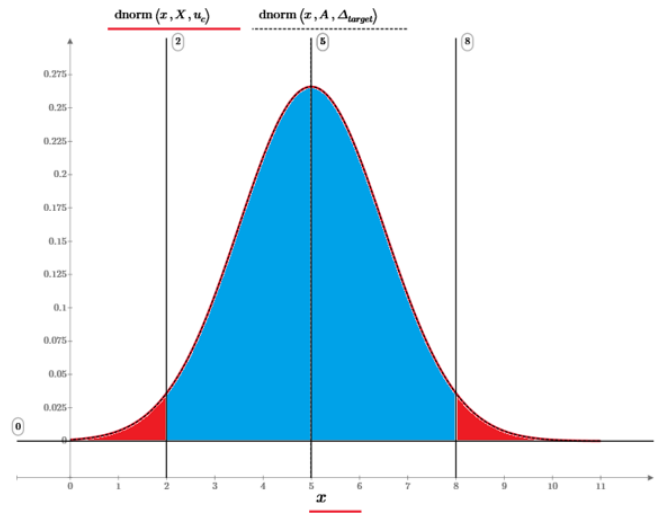


Рисунок А.3

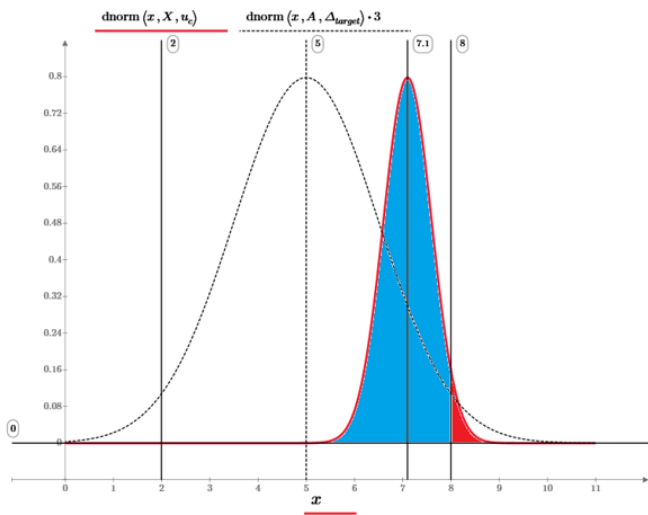


Рисунок А.4

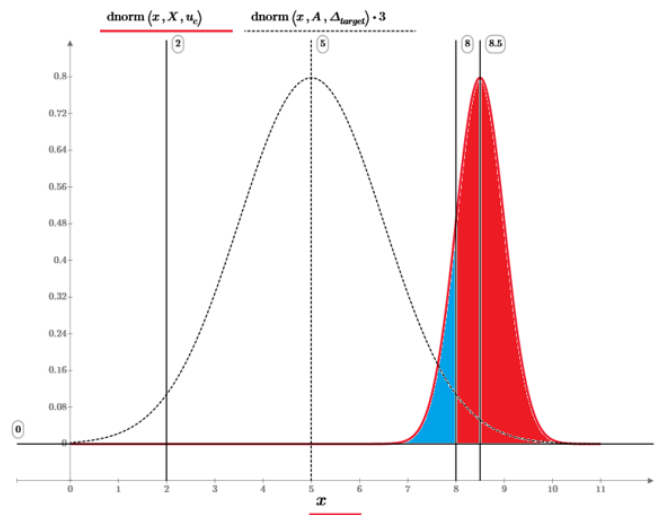


Рисунок А.5

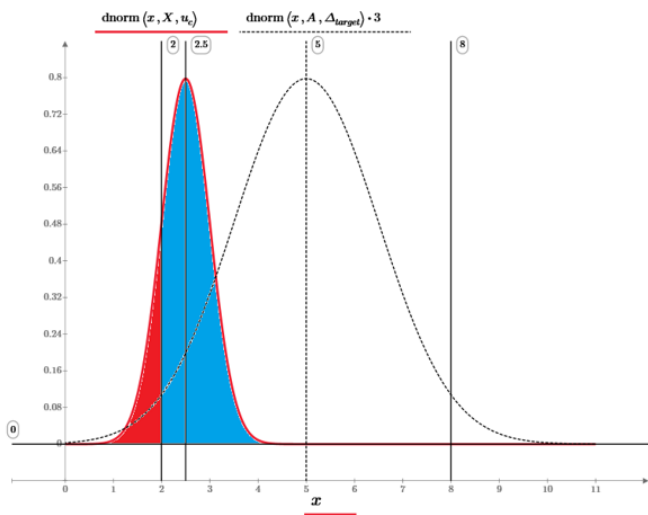


Рисунок А.6

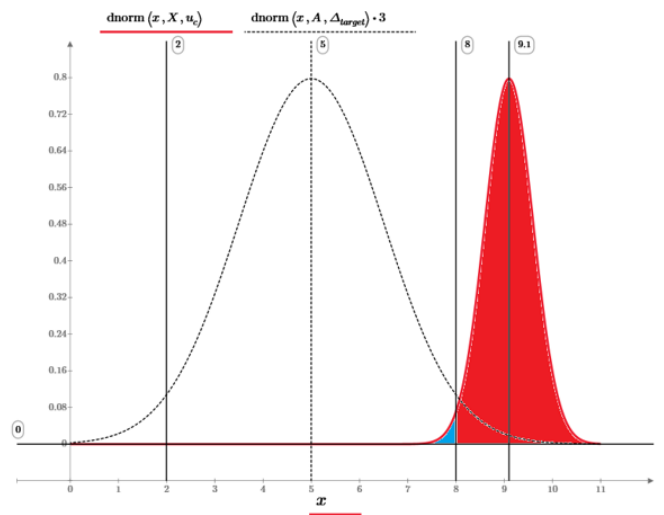


Рисунок А.7

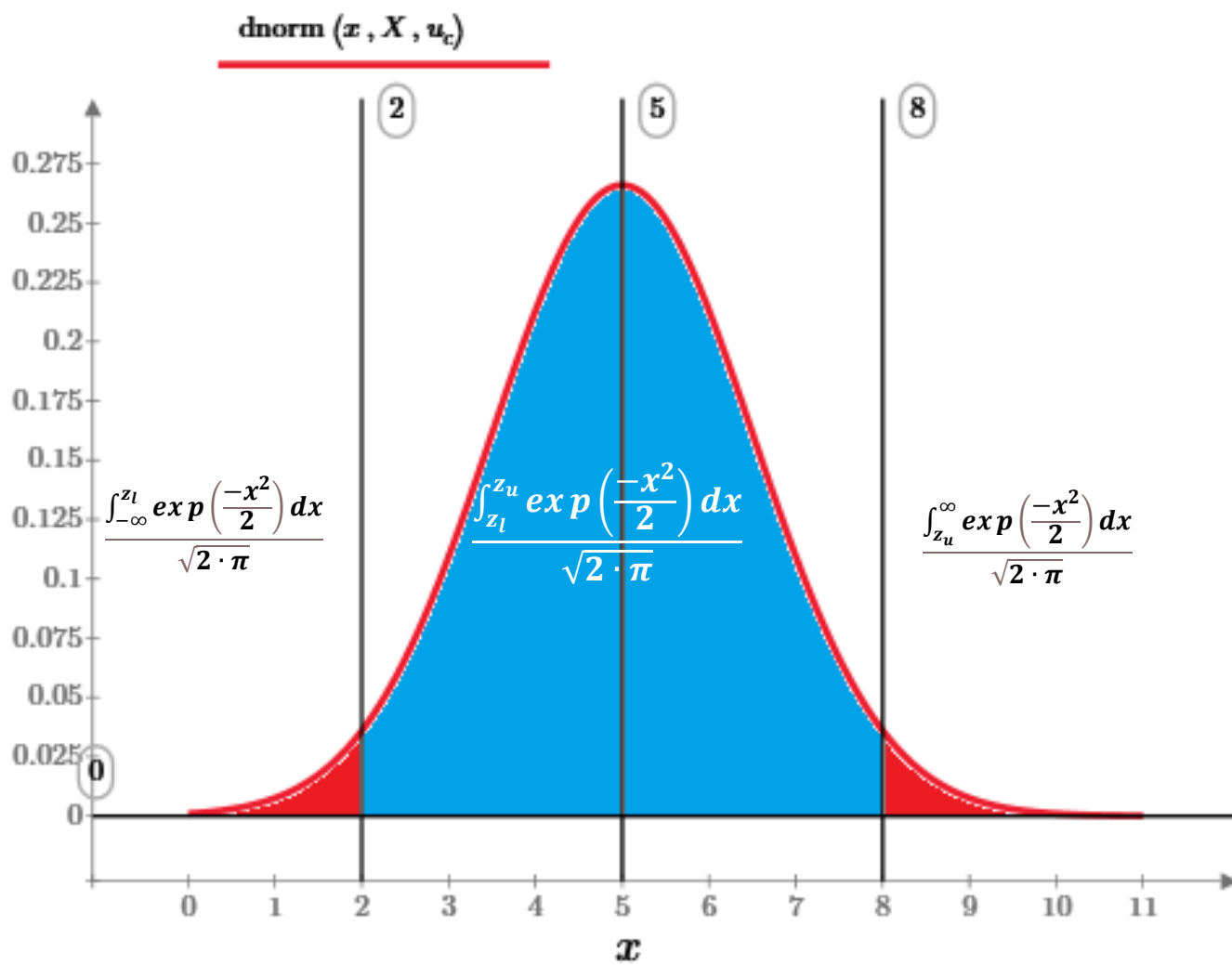


Рисунок А.8