

	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 1 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

ИНСТРУКЦИЯ
по определению калибровочных и измерительных возможностей
калибровочной лаборатории

	<p align="center">Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории</p>	О'ЗАК.У-13
		Страница 2 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения.....	3
2 Ссылки	3
3 Термины и определения.....	3
4 Общие положения.....	4
5 Формирование и вычисление НДН.....	6
6 Выражение СМС в области аккредитации КЛ	8
Приложение А.....	13

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 3 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

1 Область применения

Настоящая Инструкция распространяется на процесс подготовки к аккредитации согласно O'z DSt ISO/IEC 17025, а также процесс аккредитации, с целью определения калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории (далее – КЛ), путем установления наименьшей достигаемой расширенной неопределенности (далее – НДН).

Инструкция является регламентирующим документом Центра, определяющим основные требования к значению расширенной неопределенности, приводимой в области аккредитации КЛ (по форме O'ZAK.У-01) и предназначена для применения персоналом, участвующем в оценке, а также объектом аккредитации.

2 Ссылки

O'z DSt ISO/IEC 17025:2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

ISO/IEC Guide 98-3:2008 (E) Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)

ISO/IEC Guide 99:2007 (E/R) Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM). International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)

ILAC-P 14:01/2013 (P 50.1.109 - 2016) Политика ИЛАК в отношении неопределенности при калибровках

EA-4/02 M:2013. Evaluation of the uncertainty of measurement in calibration

ГОСТ ИСО 5725-3-2003 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений

ГОСТ 166-2009 Штангенциркули. Технические условия.

ГОСТ 9038-2009 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия


O'ZAK.У-01 Формы области аккредитации и инструкция по их заполнению

3 Термины и определения

В настоящей инструкции применяются термины и определения, установленные в ISO/IEC Guide 99, а также следующие термины с соответствующими определениями:

калибровочная лаборатория – КЛ: Лаборатория, которая предоставляет услуги по калибровке и измерениям.

калибровочные и измерительные возможности – СМС (calibration and measurement capability): Калибровочные и измерительные возможности, являющиеся доступными для потребителей при нормальных условиях:

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 4 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

а) как описано в области аккредитации лаборатории, выданной органом, подписавшим Договоренность Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий (далее ИЛАС);

б) как опубликовано в базе данных по ключевым сличениям Международное бюро мер и весов (далее – ВРМ) – КСДВ в соответствии с Договоренностью Международного комитета мер и весов (далее СИРМ МРА).

наилучшее существующее средство измерений – BED (best existing device) – средство измерений, которое подлежит калибровке и которое на коммерческой основе или другим способом может быть доступно потребителю, даже если оно имеет специфические характеристики (стабильность) или имеет длинную историю калибровки.

наименьшая достигаемая расширенная неопределенность (НДН) – наименьшее значение неопределенности измерений результатов калибровки КЛ в определенных условиях для конкретного объекта калибровки. НДН является мерой СМС, которая указывается в области аккредитации лаборатории, в качестве расширенной неопределенности измерений, при этом полученные значения по результатам калибровки в деятельности КЛ не могут быть указаны меньше значений, приведенных в области аккредитации.


4 Общие положения

4.1 Согласно политики ИЛАС Р14 область аккредитации аккредитованной калибровочной лаборатории должна включать калибровочные и измерительные возможности (далее СМС), которые могут быть определены с помощью следующих понятий:

- а) измеряемая величина или стандартный образец;
- б) метод/методика калибровки/измерений и/или тип средства измерений/материала, подлежащего калибровке или измерению;
- в) диапазон измерения и дополнительные параметры при необходимости, например, частота приложенного напряжения;
- г) неопределенность измерения (то есть НДН).

4.2 Не должно быть никакой двусмысленности при выражении СМС, представленной в области аккредитации и следовательно, в отношении НДН, которую, как ожидается, может достичь лаборатория при выполнении калибровки или измерения. Особое внимание нужно уделить случаю, когда измеряемая величина представлена в виде диапазона значений. В этом случае неопределенность, как правило, выражается одним или более из следующих способов:

- а) единственное значение, которое достоверно во всем диапазоне измерения;
- б) диапазон, в этом случае калибровочная лаборатория должна разработать соответствующий способ выполнения интерполирования с целью получения неопределенности промежуточных значений;
- в) функция в явном виде, определяющая зависимость значений неопределенности от измеряемой величины или параметра;
- г) матрица, в которой значения неопределенности зависят от значений измеряемой величины и дополнительных параметров.

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 5 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

е) графическая форма, обеспечивающая соответствующее разрешение по каждой из осей для получения как минимум двух значащих цифр для неопределенности.

При указании неопределенности не допускаются открытые интервалы (например, « $U < x$ »), при этом U – расширенная неопределенность; x – наименьшее значение неопределенности измерений, которое показывает калибровочные и измерительные возможности калибровочной лаборатории).

4.3 Неопределенность, перекрываемая СМС, должна быть выражена в виде расширенной неопределенности, имеющей установленную вероятность охвата, равную примерно 95 %. Неопределенность всегда выражают с помощью таких же единиц, как и измеряемую величину, или в относительной, по отношению к измеряемой величине форме (например: в процентах, ppm и др.). Как правило, использование относительных единиц требует необходимого пояснения.


4.4 Калибровочные лаборатории должны представить доказательство того, что они предоставляют услуги по калибровке для своих клиентов в соответствии с 4.1 b), так что неопределенности измерений оказываются равными тем, которые перекрыты СМС. При формулировании СМС лаборатории должны уделять внимание характеристикам «наилучшего существующего средства измерений», которое имеется для определенной категории калибровок.

При необходимости, в составляющие неопределенности, представленной в СМС, следует включить приемлемое количество вкладов в неопределенность, обусловленных повторяемостью, а также воспроизводимостью. С другой стороны, в составляющую неопределенности, представленной в СМС, не следует включать значительные по величине вклады, связанные с физическими эффектами, которые могут быть приписаны несовершенствам даже «наилучшего существующего средства измерений», подвергаемого калибровке или используемого для измерений.

Признано, что для некоторых калибровок «наилучшее существующее средство измерений» не существует и/или вклады в неопределенность, связанные со средством измерений, значительно влияют на расширенную неопределенность измерений результатов калибровки. Если такие вклады в расширенную неопределенность измерений результатов калибровки, связанные со средством измерений, могут быть отделены от других вкладов, то вклады от средства измерений могут быть исключены из указываемых в СМС неопределенностей. Однако, для такого случая область аккредитации должна четко идентифицировать, какие вклады в неопределенность, связанные со средством измерений, не включаются.

4.5 Если калибровочные лаборатории оказывают услуги по предоставлению опорного (референтного) значения, то неопределенность, представленная в СМС, должна, как правило, включать факторы, связанные с методикой измерений и возникающие при ее непосредственном применении по отношению к образцу, то есть должны рассматриваться типичные матричные эффекты, интерференции (влияние примесей) и т.п. Неопределенность, представленная в СМС, как правило, не включает вклады, возникающие из-за нестабильности или неоднородности материала. СМС должны быть основаны на анализе присущих методу характеристик в отношении типичных стабильных и однородных образцов.

Неопределенность, представленная в СМС для измерения опорного (референтного)

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 6 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

значения, не является идентичной неопределенности, связанной со стандартным образцом, предоставляемой производителем стандартных образцов. Расширенная неопределенность сертифицированного (аттестованного) стандартного образца будет, как правило, больше, чем неопределенность, представленная в СМС для референтных измерений, выполняемых на стандартном образце.

5 Формирование и вычисление НДН

5.1 Идентификация вкладов неопределенности.

Формирование и вычисление НДН калибровочной лаборатории проводится на основе результатов калибровки, проведенной согласно стандартных или валидированных, а также верифицированных в лаборатории методов калибровки. Калибровочная лаборатория должна четко идентифицировать все вклады, составляющие стандартную неопределенность измерений V_1, V_2, \dots, V_n , с учетом их характера возникновения.


При этом следует оценить их изменчивость/постоянность для каждой калибровки и уточнить характер составляющих данных СМС калибровочной лаборатории (характеризует ли СМС калибровочной лаборатории или нет). В качестве примера рекомендуется составление таблицы для идентификации составляющих неопределенности измерений в следующем виде:

Таблица 1 – Идентификация вкладов стандартных неопределенностей

Наименование стандартной неопределенности	Вклады неопределенности	Изменчивость/постоянность (требуется ли оценка для калибровки)	Характеризует ли СМС калибровочной лаборатории (да / нет)
Наименование стандартной неопределенности №1	V_1	Оценивается при каждой калибровке	Да
Наименование стандартной неопределенности №2	V_2	Оценивается при каждой калибровке	Нет
Наименование стандартной неопределенности №...	$V \dots$
Наименование стандартной неопределенности №n	V_n	Постоянно для каждого калибровки (в течение определенного времени)	Да

Таблица может охватить еще больше информации для наглядности и прозрачности идентификации стандартных неопределенностей по всем составляющим неопределенности измерений.

5.2 Стандартные неопределенности по типу А (характеризующая обусловленная повторяемость и воспроизводимость).

 O'ZBEKISTON AKKREDITATSIIYA MARKAZI	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 7 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

Как упомянуто в п. 4.4 при необходимости, в составляющие неопределенности, представленной в СМС, следует включить приемлемое количество вкладов в неопределенность, обусловленных повторяемостью, а также воспроизводимостью, т.е. неопределенности по типу А. При этом требуется определение наличия вкладов составляющие неопределенности, связанные с физическими эффектами, которые не характеризуют СМС калибровочной лаборатории.


Согласно ГОСТ ИСО 5725-3 п. 0.4, воспроизводимость и повторяемость измерений, которые являются условиями прецизионности, выражаются через стандартные отклонения, т.е. стандартную неопределенность по типу А. Неопределенность измерений по типу А в основном является показателем следующих случайных факторов, влияющих на измерение, это «время», «юстировка» (иногда называется «калибровка»), «оператор», «оборудование» и «окружающая среда» (температура, влажность, загрязнение воздуха и т.д.). Некоторые перечисленные факторы характеризуют СМС (например: оператор, эталон). В этой связи, при формировании НДН рекомендуется оценить степень влияния перечисленных факторов на измерения. Если в калибровочной лаборатории есть доказательства того, что оцениваемые факторы через неопределенность по типу А связаны только с физическими эффектами, которые могут быть приписаны как несовершенство «наилучшего существующего средства измерений» (например: при получении результатов не применяется эталонное оборудование, а участие оператора пренебрежимо мало и т.д.), тогда данные составляющие неопределенности по типу А не следует учитывать при формировании НДН в качестве вклада в неопределенность измерений.

5.3 Формирование и вычисление НДН

Для формирования НДН необходима база данных результатов проведенных калибровок в КЛ, удобной для дальнейшей обработки. При этом база данных результатов калибровки должна охватить все популярные модификации (модели и типы) объектов калибровки, чтобы выбрать «наилучшее существующее средство измерений».

Для вычисления НДН выбирается результат калибровки «наилучшего существующего средства измерений» (или «наилучшего существующего средства испытаний») имеющего наименьшее значение расширенной неопределенности $U_{НДН}$ составленной среди неопределенности измерений характеризующей СМС КЛ - $U_{НДНi}$. Значение $U_{НДНi}$ определяется по формуле:

Для некоррелированных входных величин	Для коррелированных входных величин
$U_{НДНi} = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (c_i \cdot u(x_i))^2}$	$U_{НДНi} = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (c_i \cdot u(x_i))^2 + 2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot c_i \cdot c_j}$
где, k – коэффициент охвата; c_i, c_j – коэффициенты чувствительности для i -й и j -й калибровки (x_i и x_j) $u(x_i)$ – стандартная неопределенность характеризующие СМС КЛ i -й раз калибровки; $u(x_i; x_j)$ – ковариация между коррелированными величинами x_i и x_j N – количество наблюдение величина x	

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 8 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

Согласно ИЛАС-Р 14:01/2013 п.5.4, КЛ «должны представить доказательство того, что ... НДН оказываются равными тем, которые охвачены СМС». При этом «орган по аккредитации» не должен ограничиваться только расчетом неопределенности. При проведении аудита или при оценке КЛ, должны быть предоставлены результаты межлабораторных сличений, которые подтверждают значение НДН [1 п.А.11].

Если все составляющие неопределенности измерений, характеризующие СМС калибровочной лаборатории, являются постоянными (согласно таблицы 1) для каждой калибровки, тогда база данных результатов калибровки для формирования НДН не требуется.

При вычислении НДН по объектам калибровки, требующих оценку соответствия по заданным требованиям, следует руководствоваться OIML G 19, который устанавливает допуск к значению расширенной неопределенности измерений для объектов калибровки при их оценке соответствия. Также, в некоторых методах калибровки предусматривается допуск к значению расширенной неопределенности. При этом значение НДН не должно превышать допускаемое значение расширенной неопределенности измерений для объектов калибровки при их оценке соответствия.

6 Выражение СМС в области аккредитации КЛ

6.1 Измеряемая величина может быть представлена дискретными значениями или диапазоном значений.


6.2 В качестве НДН указывается численное значение расширенной неопределенности для конкретного диапазона измерений при доверительной вероятности приблизительно 95 % (согласно ISO/IEC Guide 98-3 п. G.1.3, целесообразно принять - 95,45 %. Так как при доверительной вероятности 95,45 % $k=2$). Единицы измерений неопределенности должны соответствовать единицам измеряемой величины или быть относительными к измеряемой величине.

6.3 Числовое значение НДН должно приводиться как минимум двумя значащими цифрами. При этом следует применять следующие положения:

- числовое значение измеряемой величины следует округлять до минимум двух значащих цифр в значении НДН;
- при округлении следует пользоваться обычными правилами округления чисел, содержащимися в ISO/IEC Guide 98-3 п. 7.

6.4 Если по результатам калибровки по всему диапазону средств измерений или средств испытаний, значение НДН имеет одинаковое значение, тогда НДН указывается в виде единственного значения, которое достоверно во всем диапазоне измерения.

Если по результатам калибровки по всему диапазону средств измерений или средств испытаний, значение НДН разные, то, если это приемлемо для лаборатории, допускается указать максимальное из оцениваемых в диапазоне значений НДН.

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
 OZAKK O'ZBEKISTON AKKREDITATSIIYA MARKAZI	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 9 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

Пример оформления области аккредитации:

№ п/п	Наименование (тип) объектов калибровки	Наименование измеряемых величин	Калибровочные и измерительные возможности		Обозначение документов, устанавливающих методы (методики) калибровки
			диапазон измерений	расширенная неопределенность U	
1	2	3	4	5	6
	Ареометр	Плотность жидкости	от 600,00 kg/m ³ до 2000,00 kg/m ³	0,02 kg/m ³	МК 01/01:2020

6.5 Если НДН указывается в виде диапазона, то калибровочная лаборатория должна разработать соответствующий способ выполнения интерполирования, с целью получения неопределенности промежуточных значений.

Пример заполнения области аккредитации:

№ п/п	Наименование (тип) объектов калибровки	Наименование измеряемых величин	Калибровочные и измерительные возможности		Обозначение документов, устанавливающих методы (методики) калибровки
			диапазон измерений	расширенная неопределенность U	
1	2	3	4	5	6
	Цифровые мультиметры	Постоянное напряжение	от 0 до 1000 V	от 18,00 μV до 50,40 mV ¹⁾	МК 02/01:2020
		Переменное напряжение	от 0 до 1000 V	от 0,003 mV до 120,254 mV ¹⁾	
		Постоянный ток	от 0 до 20 A	от 0,18 μA до 51,45 mA ¹⁾	
		Переменный ток	от 0 до 20 A	от 0,15 μA до 15,00 mA ¹⁾	
		Электрическое сопротивление	от 0 до 1·10 ⁹ Ω	от 0,15 mΩ до 3,30 MΩ ¹⁾	
		Электрическая емкость	от 0 до 100 mF	от 32,508 pF до 3,600 mF ¹⁾	

¹⁾ Согласно политики ПЛАС-Р 14:01/2013 п.5.2 б), значения указаны в виде диапазона. Значения неопределенности для конкретной точки определяются по линейной функции интерполирования:

$$U = U_{min} + (y - y_{min}) \frac{U_{max} - U_{min}}{y_{max} - y_{min}}$$

U_{min} – минимальное значение расширенной неопределенности. Напр.: по пост.напр.: 18 μV;

U_{max} – максимальное значение расширенной неопределенности. Напр.: по пост.напр.: 50,4 μV;


y_{min} – минимальное значение диапазона измерений. Напр.: по пост.напр.: 0

y_{max} – максимальное значение диапазона измерений. Напр.: по пост.напр.: 1000 V

y – внутри диапазона измерений, для которой определяют значение неопределенности измерений.

Напр.: по пост.напр.: 500 V, значение U равен 0,0000342 V или 34,2 μV

Функции интерполирования могут быть линейные, нелинейные и т.д. КЛ должна обосновывать выбранную функцию интерполяции для выражения НДН. [2]

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
 OZAKK O'ZBEKISTON AKKREDITATSIIYA MARKAZI	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 10 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

6.6 Если НДН указывается в виде функции, определяющей зависимость значений неопределенности от измеряемой величины или параметра, то такая форма представления требует от КЛ дополнительной работы по аппроксимации получаемой зависимости НДН.

Пример заполнения области аккредитации:

№ п/п	Наименование (тип) объектов калибровки	Наименование измеряемых величин	Калибровочные и измерительные возможности		Обозначение документов, устанавливающих методы (методики) калибровки
			диапазон измерений	расширенная неопределенность U	
1	2	3	4	5	6
	Меры длины концевые плоскопараллельные	Длина	от 0,5 до 100 mm	$[0,0200 + 0,0005] \mu\text{m}$	UzNIM – PC-44 (EA - 4/02 Выражение неопределенности измерения при калибровках. В части S.4)

6.7 Если НДН указывается в виде матрицы, в которой значения неопределенности зависят от значений измеряемой величины и дополнительных параметров, то в этом случае, весь диапазон изменений измеряемой величины разбивается на поддиапазоны, на которых НДН выражается единственным значением или функцией в явном виде. [4]

Пример заполнения области аккредитации для обоих случаев:

Пример 1, выражения единственного значения НДН в виде матрицы

№ п/п	Наименование (тип) объектов калибровки	Наименование измеряемых величин	Калибровочные и измерительные возможности		Обозначение документов, устанавливающих методы (методики) калибровки
			диапазон измерений	расширенная неопределенность U	
1	2	3	4	5	6
	Гири	Масса	1 g	0,03 mg	ГОСТ OIML R 111-1-2009
			2 g	0,04 mg	
			5 g	0,05 mg	
			10 g	0,06 mg	
			20 g	0,08 mg	
			50 g	0,10 mg	
			100 g	0,15 mg	
			200 g	0,3 mg	
			500 g	0,75 mg	

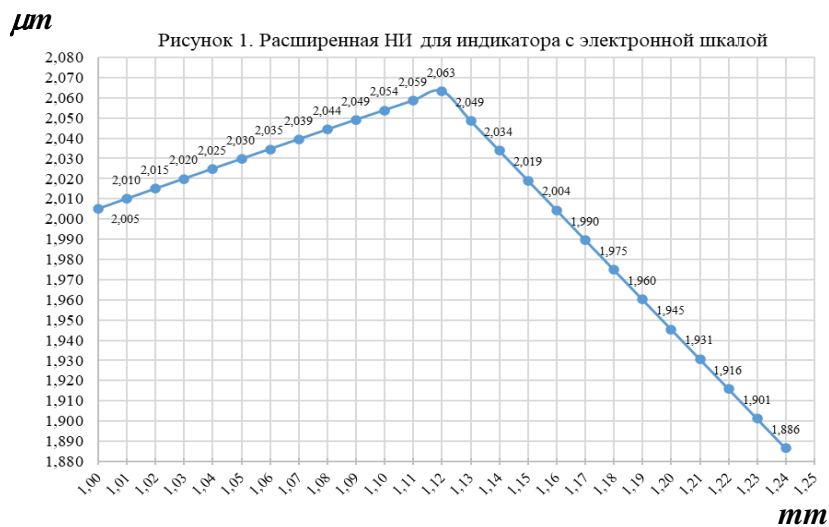
Пример 2, выражение НДН в виде функции и его демонстрации в матрице


№ п/п	Наименование (тип) объектов калибровки	Наименование измеряемых величин	Калибровочные и измерительные возможности		Обозначение документов, устанавливающих методы (методики) калибровки
			диапазон измерений	расширенная неопределенность U	
1	2	3	4	5	6
	Электронный манометр	избыточное давление p_e	от 3 bar до 60 bar	$5,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,08 \text{ mbar}$	EURAMET cg-17 v.4:2019
			от 60 bar до 700 bar	$4,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,8 \text{ mbar}$	
			от 700 bar до 2000 bar	$6,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 1,2 \text{ mbar}$	
			от 2000 bar до 5000 bar	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_e + 3,0 \text{ mbar}$	



6.8 Если НДН указывается в форме графика, обеспечивающего соответствующее разрешение по каждой из осей для получения как минимум двух значащих цифр для неопределенности, то эта форма наиболее наглядна для функции одной переменной с малым диапазоном измерений.


Пример выражения НДН в виде графика приведен в рис.1.



	<p align="center">Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории</p>	О'ЗАК.У-13
		Страница 12 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

7. Библиография

1. EA-4/02 M: 1999 Expression of the uncertainty of measurement in calibration;
2. Захаров И. П., Климова Е. А. Определение измерительных и калибровочных возможностей калибровочной лаборатории в процессе ее аккредитации. Украинський метрологічний журнал. 2017. № 4. С. 3–11.
3. Новосёлов О.А. К вопросу оценивания калибровочных и измерительных возможностей аккредитованной калибровочной лаборатории. Системи обробки інформації. 2018 №4. С. 128-133
4. <https://www.isobudgets.com/know-cmc-uncertainty/>

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
 OZAKK O'ZBEKISTON AKKREDITATSIIYA MARKAZI	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 13 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

Приложение А

Пример формирования и вычисления НДН КЛ для штангенциркуля

В этом приложении приводится пример формирования и вычисления НДН КЛ для штангенциркуля по методу изложенную в ЕА-4/02 М:2013 п. S10.

Проводим оценку НДН согласно результатов калибровки штангенциркуля в точке диапазона измерения наружных размеров 70 mm.

Калибровка штангенциркуля ШЦЦ-I с диапазоном измерений от 0 до 150 mm и с шагом дискретности цифрового отсчётного устройства 0,01 mm осуществляется методом прямого измерения плоскопараллельных концевых меры длины, которые применяются в качестве эталона. В данном примере выбран плоскопараллельные концевые меры длины класса точности 2, соответствующих ГОСТ 9038:2009.

С целью получения достоверных результатов, при калибровке обеспечены следующие условия:

- температура воздуха в помещении, в котором проведена калибровка – $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- штангенциркуль и эталоны выдержаны на рабочем месте калибровки не менее 3 часов.

Отклонение показаний штангенциркуля E_x при опорной температуре $t_0 = 20 ^\circ\text{C}$ находят из соотношения:

$$E_x = l_{iX} - l_S + L_S \cdot \bar{\alpha} \cdot \Delta t + \delta l_{iX} + \delta l_M$$

- l_{iX} – показания штангенциркуля в калибруемой точке;
- l_S – длина используемого концевого мера длины;
- L_S – номинальная длина используемого концевого мера длины;
- $\bar{\alpha}$ – средний коэффициент теплового расширения штангенциркуля и концевого мера длины;
- Δt – разница в температуре между штангенциркулем и концевым мером длины;
- δl_{iX} – поправка на конечное разрешение штангенциркуля;
- δl_M – поправка, связанная с механическими эффектами, такими как прилагаемая сила, ошибки Аббе, ошибки плоскости и параллельности измерительных поверхностей.

Оценка стандартной неопределённости измерений по типу А есть среднеквадратическое отклонение среднего арифметического результата измерений длины концевой меры по показаниям штангенциркуля. По результатам калибровки установлено, что оцениваемые факторы через неопределенность по типу А связаны только с физическими эффектами, которые могут быть приписаны как несовершенство «наилучшего существующего средства измерений» и по результатам калибровки можно



достичь значения $u_A = 0$. При этом допускается исключение значение u_A при вычислении НДН.

Составляющие стандартной неопределённости измерений, оцениваемые по типу В (u_B), определяются через известные границы неисключённых систематических погрешностей и коэффициент распределения, характеризующий закон распределения погрешности внутри этих границ.

Стандартная неопределённость измерений u_B получается при этом с помощью метрологически обоснованной оценки изменчивости входной величины, учитывая всю имеющуюся в распоряжении информацию.

Оценим составляющие стандартной неопределённости измерений по типу В. [1]

1) Одно деление нониусной шкалы $q = 0,05 \text{ мм}$. Таким образом, вариации из-за конечного разрешения оцениваются прямоугольными пределами в $\pm 25 \text{ мкм}$.

$$u_B(\delta l_{ix}) = \frac{q}{2\sqrt{3}} = 14,7 \text{ мкм}$$

2) Оценка поправки на механические эффекты. Механические эффекты включают в себя измерительное усилие, зазор между измерительными поверхностями губок штангенциркуля.

Поскольку штангенциркуль не оснащен стабилизатором измерительного усилия, при измерении требуется приложение равномерного и достаточного усилия. В стандарте ГОСТ 166-2009 допустимое значение усилия перемещения рамки по штанге для штангенциркуля с диапазоном измерения от 0 до 150 мм составляет 10 N. Угол поворота одного крайнего сечения штанги относительно другого будет определяться из выражения:

$$\varphi = \frac{M \cdot L}{E \cdot I}$$

где M – момент, приложенный к губкам, в N·мм,

$M = 400 \text{ N} \cdot \text{мм}$ (длина вылета губок $l = 40 \text{ мм}$, измерительное усилие $P = 10 \text{ N}$);

L – измеряемая длина в мм, $L = 70 \text{ мм}$;


E – модуль упругости материала штанги в Па, для стали $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$;

I – момент инерции поперечного сечения штанги в мм^4 , $I = 843,75 \text{ мм}^4$.

Погрешность измерения, вызванная этим поворотом, будет равна:

$$\delta l_M = l \cdot \varphi = \frac{P \cdot l^2 \cdot L}{E \cdot I} = 6,6 \text{ мкм}$$

Зазор между измерительными поверхностями губок штангенциркуля возникает вследствие отклонений их от прямолинейности и плоскостности, а также от параллельности между собой.

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН		
 OZAKK O'ZBEKISTON AKKREDITATSIIYA MARKAZI	Инструкция по определению калибровочных и измерительных возможностей калибровочной лаборатории	О'ЗАК.У-13
		Страница 15 из 16
		Редакция: 01-00
		Дата редакции: 18.01.2021
		Дата изменения:

В стандарте ГОСТ 166 также нормируются допуски на отклонения геометрических параметров измерительных поверхностей губок. Но так как при оценке СМС в качестве образца взят штангенциркуль с почти идеальными метрологическими характеристиками, то допустимо предположить отсутствие отклонений измерительных поверхностей губок от параллельности, прямолинейности и плоскостности. [3]

При повседневных же калибровках штангенциркуля КЛ должна учитывать эти отклонения по факту их наличия, и оценка которых войдет в бюджет неопределённости измерений.

Неопределённость от механических эффектов, в предположении равномерного закона распределения, будет равна:

$$u_B(\delta l_M) = \frac{\delta l_M}{\sqrt{3}} = 3,9 \mu m$$

3) Оценка поправки, учитывающей разницу температур между штангенциркулем и концевой мерой длины.

Согласно условиям калибровки, штангенциркуль и концевая мера длины должны быть выдержаны на рабочем месте калибровки не менее 3 часов для выравнивания температур. Так как различие масс штангенциркуля и концевой меры длины незначительное (разница составляет 35 g), то 3 часа это достаточное время для полного выравнивания температур. Поэтому, практическая разность температур штангенциркуля и измеряемой концевой меры длины будет равна $\Delta t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

4) Оценка поправки измерения концевой меры длины.

Значения длины эталонной концевой меры, а также связанная с ними расширенная неопределённость измерений представлены в «Сертификате калибровки». Оценка неопределённости калибровки эталонной меры длины определяется путем деления значения расширенной неопределённости измерений при калибровке концевых мер длины $U(L_S)$ на коэффициент охвата $k = 2$, которые указаны в «Сертификате калибровки». Для концевой меры длины $L = 70 \text{ mm}$ расширенная неопределённость измерений составляет $U(L_S) = 0,02 \mu m$, тогда $u_B(\delta l_S) = 0,01 \mu m$.

Идентифицируем неопределенности измерений, указывая их изменчивость/постоянность для каждой калибровки, определяем вклады неопределенности, характеризующие СМС КЛ и составляем бюджет неопределенности измерений

Таблица А.1 – Идентификация вкладов стандартных неопределенностей при калибровке штангенциркуля

Наименование стандартной неопределенности	Обозначение вклада неопределенности	Изменчивость/постоянность (требуется ли оценка для каждого раза калибровки)	Характеризует ли СМС калибровочной лаборатории (да / нет)
Неопределенность №1: неопределённость измерений по типу А	u_A	Оценивается при каждой калибровке	нет

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН



**Инструкция по определению
калибровочных и
измерительных
возможностей
калибровочной
лаборатории**

О'ZAK.Y-13

Страница 16 из 16

Редакция: 01-00

Дата редакции: 18.01.2021

Дата изменения:

Наименование стандартной неопределенности	Обозначение вклада неопределенности	Изменчивость/постоянность (требуется ли оценка для каждого раза калибровки)	Характеризует ли СМС калибровочной лаборатории (да / нет)
<i>при измерении длины концевой меры по показаниям штангенциркуля</i>			
<i>Неопределенность №2: неопределенность связанные с вариацией из-за конечного разрешения штангенциркуля</i>	$u_B(\delta l_{iX})$	Не требуется, постоянно для всех калибровок штангенциркуля с такими характеристиками	Да
<i>Неопределенность №3: неопределенность от механических эффектов</i>	$u_B(\delta l_M)$	Не требуется, постоянно для всех калибровок штангенциркуля с такими характеристиками	Да
<i>Неопределенность №4: неопределенность связанные с оценкой поправки, учитывающей разницу температур между штангенциркулем и концевой мерой длины</i>	$u_B(\Delta t)$	Оценивается при каждой калибровки	Нет
<i>Неопределенность №5: неопределенность связанные с оценкой поправки измерения концевой меры длины</i>	$u_B(\delta l_S)$	Не требуется, постоянно для всех калибровок штангенциркуля с такими характеристиками	Да

Таблица А.2 – Бюджет неопределенности измерений при калибровке штангенциркуля с целью определение СМС

Входная величина	Оценка входной величины	Стандартная неопределенность, μm	Тип оценивания / закон распределения	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности, μm
l_{iX}	70 mm	0	В / равномерный	1	0
δl_S	0,02 μm	0,01	В / нормальный	1	0,01
Δt	0	0	В / равномерный	1	0
δl_{iX}	5 μm	14,7	В / равномерный	1	14,7
δl_M	6,6 μm	3,9	В / равномерный	1	3,9
Выходная величина	Оценка выходной величины	Суммарная стандартная неопределенность, μm	Уровень доверия	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность, μm
E_x	0	15,21	0,95	2	30,42

Вышеуказанные расчёты осуществляется не менее 10 точкам измерения диапазона штангенциркуля. Вывод принимается согласно по полученном результатам. При этом в качестве НДН указывается самая наибольшая значения из 10 результатов по данному штангенциркулю (или по данному методу) в область аккредитации КЛ.