

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ  
(ФГУП «ВНИИМС»)**

**РЕКОМЕНДАЦИЯ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА  
ИЗМЕРЕНИЙ**

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ  
И ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ**

**МИ 3621 - 2019**

**Москва**

**2019**



## Содержание

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	1
3	Термины, определения и сокращения	2
4	Общие положения	2
5	Требования к методикам оценки справочных данных	4
6	Порядок разработки методик оценки справочных данных	10
7	Требования к содержанию и оформлению методик оценки справочных данных	10
	Библиография	12

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ <b>Методика оценки справочных данных в области использования атомной энергии. Основные положения и порядок разработки Рекомендация по метрологии</b>	МИ 3621 - 2019
---	----------------

Настоящая рекомендация разработана на основе и в дополнение ГОСТ Р 8.614.

## **1 Область применения**

1.1 Настоящая рекомендация устанавливает основные положения, а также требования к порядку разработки методик оценки справочных данных в области использования атомной энергии службой стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов в области использования атомной энергии (далее – Службы ССДАЭ).

1.2 Рекомендация распространяется на методики оценки разрабатываемых стандартных и рекомендуемых справочных данных в области использования атомной энергии.

1.3 Настоящая рекомендация не распространяется на методики экспериментального определения данных о физических константах и свойствах веществ и материалов и методики расчетного определения данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, требования к которым регламентированы ГОСТ Р 8.614 и рекомендацией [1].

## **2 Нормативные ссылки**

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 1.5-2001 Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению;

ГОСТ Р 8.614-2018 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения.

### **3 Термины, определения и сокращения**

3.1 В настоящей методической рекомендации использованы термины и определения по рекомендациям [2], ГОСТ Р 8.614.

3.2 В настоящей методической рекомендации используются следующие сокращения:

ГСССД – Государственная служба стандартных справочных данных;

ГНМЦ «ССД» – Главный научный метрологический центр «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов»;

ГНЦД – Головной научно-методический центр данных службы стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов в области использования атомной энергии;

КАСД – Комиссия по аттестации справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов в области использования атомной энергии;

РСДАЭ – рекомендуемые справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов в области использования атомной энергии;

СД – справочные данные в области использования атомной энергии;

ССДАЭ – стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов в области использования атомной энергии.

### **4 Общие положения**

4.1 Методика оценки СД представляет собой установленную логическую последовательность определения и оценки СД о физических константах и свойствах веществ и материалов в области использования атомной энергии.

4.2 Целью разработки методик оценки СД является обеспечение возможности определения достоверных значений СД, наиболее близких к их истинным значениям, на основании совокупности результатов измерений и/или расчётов.

4.3 Отдельная методика оценки СД распространяется, как правило, на группу однородных данных и определенные виды СД.

4.3.1 СД о взаимодействии частиц с ядрами и атомами, включая информацию об интегральных экспериментах, для обоснования расчетов ядерно-физических характеристик реакторов и защиты:

- о взаимодействии нейтронов с ядрами;
- о характеристиках распада радионуклидов;
- о взаимодействии фотонов с ядрами;
- о ядерных реакциях под действием заряженных частиц;
- о структуре атомных ядер;
- о прохождении заряженных частиц и гамма-излучения через вещество.

4.3.2 СД о характеристиках теплообмена и свойствах теплоносителей ядерных энергетических установок:

- теплофизические данные;
- термохимические данные.

4.3.3 СД о конструкционных и топливных материалах ядерных энергетических и исследовательских установок:

- характеристики физических свойств;
- характеристики механических свойств;
- характеристики коррозионных свойств;
- характеристики влияния облучения на свойства материалов.

4.3.4 СД, используемые при разработке средств и методик измерений.

4.3.5 Радиохимические СД.

4.3.6 Изотопные СД:

- по стабильным изотопам и радионуклидам;
- по радиоизотопной продукции;
- радиобиологические и радиозэкологические СД.

4.4 При оценке СД используются обычно несколько, а часто и большое число наборов экспериментальных данных, полученных при измерениях, выполненных в разных группах с использованием различных методов измерений. Для оценки СД могут быть применены различные модельные и

безмодельные подходы статистического описания данных.

Примечание – Указанная особенность является основной особенностью, определяющей отличие методик оценки СД от методик ГСССД по рекомендации [1], которые относятся, главным образом, к оценке результатов только одного эксперимента.

4.5 Методики оценки СД применяют не только на стадии разработки проектов ССДАЭ или РСДАЭ, но и на стадии их практического применения, в том числе, компьютерной реализации СД в конкретных технических приложениях.

4.6 Методики оценки СД разрабатываются в соответствии с планом Службы ССДАЭ на договорной основе или в инициативном порядке тематическими центрами Службы ССДАЭ, а также метрологическими организациями, вузами, организациями науки и другими заинтересованными лицами.

Организацию и проведение разработки методик оценки СД, а также подготовку документов для их аттестации осуществляет ГНЦД.

## **5 Требования к методикам оценки справочных данных**

### **5.1 Общие требования**

5.1.1 Совокупность исходных данных подлежит оценке для определения их статистической согласованности с использованием параметрических и непараметрических критериев значимости с принятым уровнем значимости. При существенных расхождениях между группами данных всю совокупность подвергают анализу для определения корреляционных зависимостей, учитывающих изменчивость данных и различие методов исследований.

5.1.2 Обобщение исходных данных проводят в целях решения следующих задач:

- выбора метода статистической обработки данных, получения оценок параметров, обеспечивающих наилучшее приближение функции к исходным данным;
- установления источников неопределенности значений параметров;
- определения степени согласованности разнородных данных;
- получения оценки неопределенности, обусловленной примененной

моделью, неполнотой исходных данных, неопределенностью в выборе статистических весов данных.

5.1.3 Оптимальное число параметров математической модели определяют при использовании конкретного массива исходных данных. Исходную математическую модель выбирают с избыточным числом параметров, чтобы с помощью анализа их значимости иметь возможность отбросить незначимые члены и доказать преимущество оптимального варианта. В случае если обоснованный выбор оптимальной модели невыполним, проводят оценку возможной неопределенности на основании множественности равноценных моделей и учитывают ее при оценке неопределенности результирующих СД.

5.1.4 В случаях если совокупность исходных данных характеризуется как недостаточная, с точки зрения требуемой точности и согласованности, возможна постановка новых экспериментальных работ или теоретических исследований, уровень проведения которых удовлетворяет вышеуказанным требованиям.

5.1.5 При выборе модели для обобщения согласованного массива оцениваемых данных предпочтение следует отдавать теоретическим моделям, имеющим ясную физическую интерпретацию. В противном случае допускается использовать математические модели, позволяющие с одним набором параметров описывать более широкий спектр свойств в области изменения независимых параметров.

5.1.6 Выбор метода математико-статистической обработки данных зависит от характера исследуемых свойств, объема совокупности данных, формы представления данных в проектах ССДАЭ (РСДАЭ). При выборе метода следует отдавать предпочтение моделям:

- теоретическим, имеющим ясный физический смысл и математически разрешимую форму, перед эмпирическими;
- описывающим свойства и явления в широкой области переменных, удовлетворяющим некоторым предельным переходам, особым точкам и т. п.;
- при прочих равных условиях - моделям с меньшим числом параметров.

5.1.7 Оптимальное число параметров модели должно определяться на

конкретном массиве экспериментальных данных. В случае, если не представляется возможным провести обоснованный выбор оптимальной модели, должна быть оценена дополнительная неопределенность за счет множественности равноценных моделей и учтена при оценке общей неопределенности СД.

5.1.8 Статистическая обработка исходных данных должна быть описана так, чтобы при оценке СД возможно было обеспечить воспроизводимость расчетов получения и оценок неопределенностей СД. С этой целью необходимо:

- указать алгоритмы отбора исходных данных и оценки их статистических весов, в общем случае оценки ковариационной матрицы неопределенностей (погрешностей) исходных данных;
- указать принятые критерии выбора оптимальной модели и критерии оценки оптимального числа параметров модели;
- описать методы и критерии анализа согласованности различных массивов исходных данных;
- описать алгоритм учета неопределенностей (погрешностей) параметров модели и СД, при этом выделив процедуру учета систематических погрешностей.

5.1.9 При оценке неопределенности конечных результатов учитывают составляющие оценок неопределенности для исходных данных, выбранной модели (моделей), вычислительных процедур.

5.2 Разработка методики оценки СД должны предусматривать несколько стадий, включающих:

- 1) сбор экспериментальной информации, включая результаты опорных (бенчмарк) экспериментов;
- 2) анализ экспериментальной информации;
- 3) коррекцию и отбор экспериментальной информации;
- 4) статистическую обработку экспериментальной информации с возможным продолжением отбора и уточнением показателей точности;
- 5) определение оцененного значения (значений) и показателей точности СД;
- 6) проверка внутренней согласованности оцененных значений СД;
- 7) окончательный выбор рекомендуемых значений СД.

### 5.3 Сбор экспериментальной информации и анализ экспериментальных результатов

Должны быть описаны правила отбора серий исходных данных, полученных в разных сериях измерений (расчета), на различных установках, по различным методикам, разными авторами. Правила должны включать поиск и обращение с выпадающими данными, работу с данными при отсутствии или неполной информации об их неопределённости, исключение смещения оценки, обусловленного использованием приближённых методов построения ковариационных матриц, не основанных на использовании закона распространения погрешности или при существенной нелинейной связи между первичными и физическими наблюдаемыми данными.

Рекомендуется учитывать следующие положения.

Принимают во внимание все результаты измерений, относящиеся к определению рассматриваемых характеристик. В процессе анализа экспериментальных данных некоторые из них могут быть исключены из набора и последующей статистической обработки. Это относится, прежде всего, к результатам измерений без заявленных неопределенностей (характеристик погрешности) и к данным, которые сами авторы в более поздних своих работах относят к разряду сомнительных или предварительных.

Если имеется достаточно большая и хорошо согласующаяся группа данных, полученных с высокой точностью в разных лабораториях в последние 40-50 лет, из оценки могут быть исключены более грубые ранние результаты измерений.

Кроме того, данные могут быть исключены или скорректированы, если в более поздние годы опубликованы результаты их ревизии или появились чёткие указания на наличие в них больших неучтённых компонентов систематической погрешности. Основанием для коррекции или исключения того или иного результата измерения служит также изменение значений фундаментальных или вспомогательных констант, использованных авторами экспериментальной работы, либо ошибки в способах определения конечного (опубликованного) результата.

Перечисленные выше основания для исключения и коррекции данных исчерпывают стадию отбора результатов измерений, связанную с анализом экспериментальных работ. Никакие другие возможные недостатки, связанные,

например, с выбором и применением измерительной техники для получения результата, не являются основанием для его изменения или исключения.

#### 5.4 Коррекция и отбор опубликованных результатов измерений

Должны быть описаны правила приведения результатов измерений к единообразной форме и правила исключения отдельных результатов из-за недостаточности информации или по статистическим критериям, а также на основании их противоречия известным научным фактам (включая физические и математические законы).

Рекомендуется учитывать следующие положения.

После выполнения стадий 5.2 в следующую фазу методики оценки вступает набор данных, состоящий из отобранных результатов измерений и их неопределенностей (характеристик погрешности) в том виде, как они даны авторами, с учетом указанной выше возможной коррекции результатов на начальной стадии оценки. При этом предполагается, что оценщик извлекает из опубликованной экспериментальной работы информацию о суммарной стандартной неопределенности  $u_c$ , представляющей композицию неопределенностей, оцененных по типу А  $u_A$  и по типу В  $u_B$ . Если в исходных данных неопределенность (характеристика погрешности) дана для коэффициента охвата, отличного от 1 или другой доверительной вероятности, значение неопределенности должно быть пересчитано к стандартной неопределенности.

Если в исходных данных приводится подробный перечень компонентов погрешности (бюджет неопределенности), то используются стандартные неопределенности, оцененные по типу А и по типу В, указанные авторами.

Если указаны значения только суммарной неопределенности без разделения её на компоненты, для оценки может быть непосредственно использовано указываемое авторами значение, либо суммарная неопределенность может быть оценена на основе знания оценщиком метода измерений.

Также, если в экспериментальном результате сообщается только неопределенность, оцененная по типу А (случайная или статистическая составляющая погрешности), оценщик может добавить квадратично часть В

путём сравнения с другими экспериментами, выполненными тем же методом и в тот же период, либо просто исключить этот результат из статистической обработки.

При доступности используют сведения о примененных математических способах обработки исходных данных, таких как адекватность вычислительных формул, значения и неопределенность использованных констант и коэффициентов пересчета.

Аналогичные процедуры применяют и при оценивании данных, представляющих собой совокупность нескольких скалярных величин или векторную величину, показатели точности которых представляются в виде ковариационной матрицы.

На завершающем шаге применяют процедуры исключения статистических выбросов по статистическим критериям.

#### 5.5 Статистическая обработка данных

Должны быть описаны алгоритмы вычисления наилучших значений оцененных данных и их неопределенностей, включая все расчетные формулы и критерии ветвления алгоритмов (в т.ч. критерии согласованности).

Рекомендуется учитывать следующие положения.

Сначала вычисляют статистические величины, характеризующие набор данных, например, оценку математического ожидания, среднее взвешенное значение, медиану, экспериментальную оценку результирующей неопределенности, расчетную оценку результирующей неопределенности. С использованием статистических критериев оценивают согласованность этих статистических величин. В зависимости от принятых критериев согласованности приводят алгоритмы (формулы) расчета оцененных значений и их неопределенностей.

Возможно использование процедур корректировки статистических весов в зависимости от степени согласованности данных.

В общем случае алгоритм вычисления наилучших значений оцененных данных и их неопределенностей может быть итерационным, включающим повторение процедур:

- А) вычисления статистических характеристик,
- Б) оценивания их согласованности,

В) корректировки статистических весов,

Г) уточнения показателей точности.

Если алгоритм реализуется компьютерной программой, то в методике оценки СД должна быть сделана ссылка на эту программу (для программ, находящихся в открытом доступе) или в приложении к методике оценки СД приведен текст программы на языке высокого уровня.

## **6 Порядок разработки методик оценки справочных данных**

6.1 Разработка методик оценки СД включает следующие этапы:

- разработка первой редакции проекта методики оценки СД ;
- рассылка первой редакции проекта методики оценки СД на отзыв и согласование в тематические центры Службы ССДАЭ и экспертам КАСД в соответствии с тематическим направлением;
  - составление сводки отзывов на проект методики и доработка проекта в соответствии с содержащимися в них замечаниями;
  - рассмотрение проекта на заседании КАСД;
  - представление окончательного варианта методики оценки СД вместе с сопроводительными документами и решением КАСД для аттестации и утверждения.

Примечание – Порядок разработки методики оценки и алгоритм оценки значений справочных данных можно практически рассмотреть на примере методики оценки характеристик распада и излучений радионуклидов практического назначения [3]

## **7 Требования к содержанию и оформлению методик оценки справочных данных**

7.1 Методики оценки СД должны включать следующие разделы:

- область применения;
- термины, определения и обозначения;
- основную часть;
- библиографию;
- необходимые приложения.

7.2 В разделе «Область применения» указывают группу однородных данных и конкретные виды СД, на которые распространяется методика оценки СД.

7.3 В разделе «Термины, определения и обозначения» приводят используемые термины, их определения, и обозначения величина параметров, коэффициентов и т.д.

7.4 Основная часть должна содержать описание процедур, требования к которым приведены в разделе 5. Основная часть может быть разбита на несколько разделов.

7.5 Библиография должна содержать перечень источников, использованных для проведения оценки, анализа и отбора исходных данных и способов их получения, а также другие необходимые сведения.

7.6 Дополнительные сведения, относящиеся к оценке и обработке данных, приводят в приложениях.

7.7 Методики оформляют в соответствии с ГОСТ 1.5 и [1].

7.8 Порядок регистрации методики оценки в соответствии ГОСТ Р 8.614 и [1].

## Библиография

- [1] МИ 3599-2018 Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Разработка и аттестация методик Государственной службы стандартных справочных данных.
- [2] РМГ 29-2013 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
- [3] ГСССД МО 268 – 2017 «Методика оценки значений характеристик распада и излучений радионуклидов практического назначения».