

# Метрологические характеристики дозиметра. Что это такое?

Рассмотрены подходы к нормированию и определению метрологических характеристик (МХ) средств измерений ионизирующих излучений, содержащиеся в действующих государственных стандартах. Показана недостаточность комплекса МХ и отсутствие указаний по определению МХ. Предложен алгоритм оценки МХ, учитывающий погрешности применяемых эталонов, ограниченность количества проведенных измерений, а также априорные сведения, следующие из физических принципов, на которых основана работа средств измерений ионизирующих излучений.

**Ключевые слова:** ионизирующие излучения, средство измерений, метрологические характеристики.

Б.М.Гаврилов, О.В.Елизаров, О.М.Мекеня (Частное учреждение «Атомстандарт», г.Москва), К.Нурлыбаев (НПП «Доза», г.Зеленоград)

**Л**юбой человек, купивший в магазине бытовой дозиметр, обратит внимание на такой факт. Вот он измеряет мощность дозы – дозиметр показывает 0,12 мкЗв/ч. При повторном измерении – 0,19 мкЗв/ч. В третий раз – 0,17 мкЗв/ч. Чему верить? Если этот человек любопытен, он измерит мощность дозы несколько раз и вычислит среднее значение.

Технически грамотный человек, имеющий отношение к измерениям, скажет: у дозиметра есть случайная составляющая погрешности. Специалист по измерениям ионизирующих излучений скажет, что для всех средств измерений (далее – СИ) ионизирующих излучений характерна значимая случайная составляющая погрешности – это обусловлено природой радиоактивного распада.

Является ли случайная составляющая погрешности дозиметра его метрологической характеристикой (МХ)? Из определения МХ: «Характеристика одного из свойств СИ, влияющая на резуль-

тат измерений» [1] следует, что является.

Случайная составляющая погрешности нормирована для радиометров и дозиметров всех типов сразу в стандарте [2]: «Отклонения показаний радиометров и дозиметров, вызываемые статистическими флуктуациями (коэффициент вариации), должны быть не более 20 % (при доверительной вероятности 0,95)».

Но! Трое авторов этой статьи работают в организации, которая по поручению Госкорпорации «Росатом» в соответствии с приказом [3] проводит рассмотрение (метрологическую экспертизу) материалов испытаний СИ в целях утверждения типа. За полгода рассмотрены результаты испытаний 10 новых СИ ионизирующих излучений, и ни в одном случае коэффициент вариации не определялся.

Почему же случайная составляющая погрешности не нормируется и не определяется при испытаниях СИ ионизирующих излучений? На наш взгляд причина

в том, что основополагающий для всех видов СИ ионизирующих излучений стандарт [4] даже не упоминает случайную составляющую погрешности.

Мнение авторов однозначное: случайная составляющая погрешности характеризует неотъемлемое свойство СИ ионизирующих излучений и, безусловно, является МХ. Ее необходимо нормировать и определять при испытаниях СИ в целях утверждения типа и подтверждать при периодической поверке СИ.

Но та характеристика, которую определяют по [2], не соответствует требованиям к МХ, установленным [5]. Поэтому авторы утверждают: в настоящее время случайная составляющая погрешности МХ не является. Даже если бы ее определяли при испытаниях СИ.

Причина в следующем. В [2] описан метод оценки случайной составляющей погрешности: «коэффициент вариации определяют при значении измеряемой величины, равной 1/3 конечного значения шкалы диапазона или мак-

симального значения показаний в каждом разряде, начиная со второго (при цифровой индикации)». Однако возникают вопросы: а какой коэффициент вариации при значении измеряемой величины, равной, например,  $2/3$  конечного значения шкалы, какой коэффициент вариации в первом разряде и т.д. Пользователю СИ это остается неизвестным, и поэтому он не может оценить погрешность измерений в реальных условиях применения СИ, что не соответствует основополагающему стандарту [5], который устанавливает важнейшее требование к МХ СИ: «комплекс МХ ... должен быть достаточен для определения результатов измерений ... и расчетной оценки ... характеристик инструментальной составляющей погрешности измерений ... в реальных условиях применения».

Именно это требование [5] невозможно выполнить. Пользователь должен знать характеристики погрешности СИ во всем диапазоне измерений, а не в отдельных точках диапазона. Стандарт [2] ориентирован на изготовителя, испытателя, поверителя СИ, но не на пользователя.

Да и испытателю СИ стандарт [2] практически ничего не дает. В нем приведена расчетная формула для коэффициента вариации:

$$V = \frac{2}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (1)$$

но ничего не сказано, каким должно быть количество измерений  $n$  для получения достоверной оценки коэффициента вариации.

Обратимся теперь к «главной» МХ радиометров и дозиметров – «основной относительной погрешности». При испытаниях эта МХ определяется для всех СИ. Но разные испытатели оценивают ее по-разному. В простейшем случае ее вычисляют по формуле:

$$\delta = (\bar{X} - X_{эм}) / X_{эм}, \quad (2)$$

где  $X_{эм}$  – значение измеряемой величины, воспроизводимое эталоном.

Количество измерений  $n$  для вычисления среднего значения  $\bar{X}$  различно. Чаще всего  $n = 5$ , но встречалось даже  $n = 1$ ! Здесь, конечно, тоже встает вопрос – каким должно быть количество измерений  $n$ ?

Но главное даже не в этом, а в самом понятии «основная относительная погрешность» (далее – ООП). Стандарт [2] определения термина «ООП» не дает, указывая лишь следующее: «Определение основной погрешности проводят посредством сравнения показаний испытуемых приборов с показаниями образцовых средств измерений или со значением образцовой меры» и добавляя: «... для получения большей точности и уменьшения случайных пог-

решностей рекомендуется измерения проводить неоднократно и полученные результаты подвергать статистической обработке».

Стандарт [4] содержит очень нечеткие формулировки. Так, он устанавливает (пункт 2.6.1.11), что «основная погрешность средств измерений должна нормироваться пределом допускаемой основной относительной погрешности ...». Эта формулировка в совокупности с формулировкой пункта 2.6.1.12 [4] («Дозиметрические и радиометрические СИ должны обеспечивать измерение физических величин с пределом допускаемой относительной основной погрешности...») привела к тому, что авторы [6] посчитали, что термин «относительная основная погрешность» относится не к характеристике погрешности дозиметров (радиометров), а к погрешности результата измерения. В итоге дальнейшее рассмотрение вопроса авторами [6] привело их к выводу, что требования стандарта [4] невыполнимы.

Отметим также, что в пункте 2.6.1.11 стандарта [4] также почему-то говорится про «необходимость установления и значение доверительной вероятности ...». Но ведь предел погрешности соответствует доверительной вероятности, равной единице. Про какую еще доверительную вероятность идет речь?

Рассмотрим теперь требования стандарта [4] к другим МХ СИ ионизирующих излучений.

Анизотропия нормируется по требованию заказчика [4], и результаты должны указываться в виде графика. Больше никаких требований в [4] нет. Но даже эти требования не выполняются. Авторы данной статьи ни разу не встречали в материалах испытаний СИ графика, описывающего анизотропию. Возможно, «заказчики» не акцентируют на этом свойстве внимания разработчиков. А в случае отсутствия «заказчика» разработчики, как правило, сами не считают нужным проводить исследования анизотропии. В результате такого допущения пользователи получают неполный комплекс МХ.

В разделе «Энергетическая зависимость средств измерений» требования к этой зависимости представляют собой настолько широкие «ворота», что в них «пролезет» практически любое СИ. Так, для дозиметров гамма-излучения в диапазоне энергий 0,66–8 МэВ допуск на энергетическую зависимость составляет +200 % – минус 25 %.

Далее указано, что «нестабильность показаний ... должна быть не более 5 % (или 10 %)». При этом не ясно за какое время, как ее оценивать и т.д.

Стандарт [4] предусматривает также возможность нормирования дополнительных погрешностей от влияющих величин (температуры, влажности, давления воздуха, напряжения электропитания и т.д.).

В принципе, если составляющие погрешности и указанные выше метрологические характеристики СИ будут нормированы и достоверно определены при испытаниях, то пользователь СИ, зная свойства объекта измерений (энергия излучения, его направленность относительно детектора и т. д.), сможет расчетным путем определить результат измерения и его погрешность, т. е. выполнить упомянутую выше процедуру [5]. Именно это сделали авторы работы [6].

На практике же это невозможно. Во-первых, из-за неоднозначного понимания метрологических характеристик. Во-вторых, из-за того, что стандарт [4] не оговаривает, насколько достоверно надо определять метрологические характеристики.

Как оценивать характеристики погрешности СИ? Рассмотрим эту задачу для СИ, имеющих значимую случайную составляющую погрешности, более подробно. Пусть  $X_{эм}$  – значение величины, воспроизводимой эталоном,  $\Delta_{эм}$  – пределы погрешности этой величины. Испытываемым СИ получено  $n$  результатов измерений  $X_j$  ( $j$  от 1 до  $n$ ). Далее предполагается, что погрешность величины, воспроизводимой эталоном, подчиняется равномерному распределению, а результаты измерений – нормальному.

Оценки характеристик погрешности вычисляют по «классическим» формулам. По серии из  $n$  измерений вычисляют среднее значение:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j, \quad (3)$$

оценку систематической составляющей погрешности:

$$\hat{\Theta} = \bar{X} - X_{эм} \quad (4)$$

и оценку среднего квадратического отклонения (далее – СКО) случайной составляющей погрешности:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} (X_j - \bar{X})^2}. \quad (5)$$

Большинство испытателей СИ понимают, что полученные по формулам (4), (5) значения – это только точечные оценки, и неплохо бы вычислить доверительный интервал для характеристик погрешности.

Для случайной составляющей чаще всего оценку (3) умножают на квантиль распределения Стьюдента  $t$  (но не делят на квадратный корень из  $n$ !) и называют результат доверительными границами случайной составляющей погрешности. Конечно, это неверно и приводит к занижению границ случайной составляющей погрешности на 20–40 %. Гораздо хуже, если делят на квадратный корень из  $n$  (такие случаи тоже бывают!):

$$\varepsilon = \frac{t\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} = tS_{\bar{X}}. \quad (6)$$

При этом величину  $\varepsilon$  называют доверительными границами случайной составляющей погрешности. Хотя это доверительные границы среднего значения, а случайная составляющая погрешности в этом случае вообще «подавляется».

Для систематической составляющей погрешности подходы еще более разнообразны. Для построения доверительных границ суммируют величины  $\hat{\Theta}$ ,  $\Delta_{эм}$ ,  $\varepsilon$ , причем суммирование делают по-разному: иногда суммируют арифметически, иногда геометрически, иногда применяют схему сложения «по ГОСТ 8.736»: иногда в соответствии с разделом 8, а иногда – с разделом 9 ГОСТ 8.736 [7].

В данной работе авторы рекомендуют следующие алгоритмы построения доверительных интервалов для характеристик погрешности.

Для СКО случайной составляющей погрешности вычисляют верхнюю доверительную границу:

$$\sigma = k\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{n-1}{\chi^2}} \hat{\sigma}, \quad (7)$$

где  $\chi^2$  – 5 % квантиль  $\chi^2$ -распределения с  $(n-1)$  степенями свободы.

Формулу (7) можно найти в каждом втором учебнике по математической статистике. Из нормативных документов можно вспомнить МИ 2440 [8], где приведены формулы как для верхней, так и для нижней доверительной границы СКО. Однако пользователя СИ нижняя граница не интересует – важно знать, какую величину не превысит СКО случайной составляющей погрешности, т. е. верхнюю доверительную границу.

На взгляд авторов, при испытаниях СИ следует определять именно верхнюю доверительную границу СКО случайной составляющей погрешности. Действительно, как правило, на испытания предъявляется только один экземпляр СИ, а полученные оценки метрологических характеристик распространяются на все экземпляры СИ данного типа. Кроме того, если при испытаниях СИ приписать типу СИ не верхнюю доверительную границу (7), а оценку (5), то это приведет к частому появлению отрицательных результатов поверки СИ при их эксплуатации, поскольку во многих случаях приведенные в материалах испытаний СИ алгоритмы оценивания случайной составляющей погрешности при испытаниях и при поверке тождественны.

Приказ 1/10-НПА [9] в разделе, относящемся к аттестации методик (методов) измерений, говорит: «... должен применяться «консервативный» подход к оцениванию составляющих погрешности или неопределенности: если нет возможности точно оценить влияние какого-либо фактора, необходимо прини-

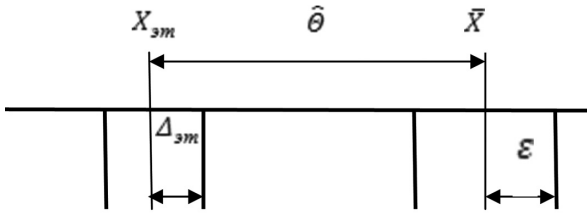


Рис. 1. К построению доверительных границ оценки систематической составляющей погрешности.

мать верхнюю границу оценки для уровня значимости не более 5 %, в том числе и для составляющих погрешности, оцениваемых экспериментальным способом». На наш взгляд, при испытаниях СИ также необходимо применять «консервативный» подход.

Для построения доверительных границ систематической составляющей погрешности рассмотрим оценку  $\Theta$ . Обе величины, входящие в разность (2),  $-X$  и  $X_{эм}$  – случайные величины, причем, величина  $\bar{X}$  подчиняется распределению Стьюдента, и для нее известны доверительные границы для вероятности  $P = 0,95 - \pm \epsilon$ ; величина  $X_{эм}$  подчиняется равномерному распределению, и для нее известны пределы ( $P = 1$ ) –  $\pm \Delta_{эм}$  (рис.1).

Строгое решение задачи состоит в том, чтобы построить композицию двух распределений, вычислить полуширину доверительного интервала (например, для  $P = 0,95$ ) композиции  $\Theta_2$  и затем сложить ее с оценкой  $\hat{\Theta}$ . Полученная величина

$$\Theta = \pm(|\hat{\Theta}| + \Theta_2) \quad (8)$$

будет характеризовать доверительные границы систематической составляющей погрешности для наилучшего случая.

Для вычисления доверительных границ можно использовать несколько подходов. Первый подход описан в стандарте [7], содержащем следующую расчетную формулу:

$$\Theta_2 = \frac{\epsilon + \Delta_{эм}}{S_{\bar{X}} + \frac{\Delta_{эм}}{\sqrt{3}}} \sqrt{S_{\bar{X}}^2 + \frac{\Delta_{эм}^2}{3}}. \quad (9)$$

Второй подход следует из стандарта [10]. Этот подход дает

$$\Theta_2 = 2\sqrt{\frac{\epsilon^2}{4} + \frac{\Delta_{эм}^2}{3}}. \quad (10)$$

Наконец, третий подход уже несколько десятилетий используется на предприятиях атомной промышленности при аттестации методик измерений и описан в ОСТ 95 10353 [11]. Это простая интуитивно понятная эмпирическая формула:

$$\Theta_2 = \sqrt{\epsilon^2 + \Delta_{эм}^2} = \sqrt{\left(\frac{t\hat{\Theta}}{\sqrt{n}}\right)^2 + \Delta_{эм}^2}. \quad (11)$$

Отметим, что все три формулы (9), (10), (11) являются приближенными. Для оценки точности этих формул авторы использовали статистическое моделирование сумм двух случайных чисел, одно из которых подчиняется распределению Стьюдента, а второе – равномерному распределению. Авторы убедились, что простое суммирование по формуле (11) дает наилучший результат.

Определенные по формулам (7), (8) значения  $\sigma$  и  $\Theta$  не должны превышать заявленные разработчиком значения характеристик погрешности  $\sigma^{норм}$  и  $\Theta^{норм}$  во всех точках диапазона, т. е. должны выполняться условия:

$$\sigma \leq \sigma^{норм}, \quad (12)$$

$$|\Theta| \leq \Theta^{норм}. \quad (13)$$

В методике поверки учитывать доверительные границы оценки систематической составляющей погрешности и вычислять верхнюю доверительную границу СКО случайной составляющей погрешности не надо. Результаты поверки считаются положительными, если

$$\hat{\sigma} \leq \sigma^{норм}, \quad (14)$$

$$|\hat{\Theta}| \leq \Theta^{норм}. \quad (15)$$

Возникает вопрос: каковым должно быть количество измерений  $n$  для того, чтобы получить достоверные оценки характеристик погрешности. Ответ несложен. Для случайной составляющей погрешности относительная расширенная неопределенность ее оценки равна (получено из формулы для дисперсии  $\chi^2$ -распределения):

$$U = 2/\sqrt{2(n-1)}. \quad (16)$$

При  $n = 20$   $U = 32\%$ , при  $n = 50$   $U = 20\%$ . Именно в таких пределах и должно быть количество измерений  $n$ .

В итоге можно сделать следующие выводы.

При обработке результатов измерений, проведенных для оценки метрологических характеристик СИ в рамках испытаний СИ в целях утверждения типа необходимо применять «консервативный» подход, а именно, учитывать характеристики погрешности эталона и ограниченность выборки.

Для построения доверительных границ составляющих погрешности при испытаниях СИ рекомендуется применять описанный выше алгоритм.

При проведении поверки «консервативный» подход может не применяться.

Целесообразно разработать нормативный документ по оценке метрологических характеристик СИ при их испытаниях, калибровке и поверке.

Читатель, несомненно, обратил внимание, что авторы используют для характеристик погрешности СИ термины, нетрадиционные для СИ ионизирующих излучений, но традиционные для других видов измерений [5], например, «случайная составляющая погрешности» вместо «вариация». Такую терминологию авторы применили намеренно. Дело в том, что «вариацией» в разных документах называется разная величина. Так, стандарт [2] «вариацией» называет удвоенное относительное СКО случайной составляющей погрешности. Стандарты [12] и [13] используют термин «коэффициент вариации» – при этом СКО не удваивается.

Термин «систематическая составляющая погрешности» не используется стандартами на СИ ионизирующих излучений. Зарубежные стандарты [12], [13] используют термин «линейность», например, [13]: «Требования относятся к нелинейности прибора в диапазоне измерения. Определению подлежит погрешность прибора при измерении величины, для измерения которой он предназначен. При условиях стандартных испытаний нелинейность отклика блока детектирования при воздействии любого из эталонных излучений не должна превышать  $\pm 30\%$  во всем действительном диапазоне измерения». Из приведенного текста следует, что «линейность» (или «нелинейность») это характеристика погрешности СИ, причем, именно систематической составляющей погрешности.

Поэтому описанный выше алгоритм относится к случайной и систематической составляющим погрешности или, что в принципе одно и то же, к «вариации» и к «линейности».

На самом деле термин «линейность» (или «нелинейность») нечеткий. Функция отклика СИ ионизирующих излучений должна быть линейной «по физике» измерений. Конечно, есть ограничения – вблизи нижней границы диапазона измерений – это собственные шумы детектора, ближе к верхней границе – быстродействие детектора и электронных устройств. Если пренебречь этими факторами, то «линейность» представляет собой ту предельную относительную систематическую погрешность, с которой можно оценить «линейность» с использованием имеющихся эталонов.

Принимая модель СИ как линейного преобразователя, можно построить функцию преобразования:

$$Y = F(X, \bar{a}) = aX, \quad (17)$$

исходя из условия конъюнктного анализа, которое в общем виде дается следующим выражением:

$$\chi_{\min}^2 = \frac{1}{n-m} \sum_{j=1}^n [F(X_j, \bar{a}) - Y_j + \alpha_j]^2 W_j = \min. \quad (18)$$

Здесь  $X$  – измеряемая величина,  $Y$  – отклик СИ,  $j$  – порядковый номер точки диапазона, в которой оценивается погрешность,  $n$  – количество точек,  $m$  – количество параметров  $\bar{a}$ , определяющих функцию  $F(X, \bar{a})$  (для линейной функции  $Y = aX$ ,  $m = 1$ ). Статистические веса  $W_j$  и сдвиги  $\alpha_j$  даются формулами:

$$W_j = \{\sigma_{xy}^2 + [\partial F(X_j, a) / \partial X_j]^2 \cdot \sigma_{xy}^2\}^{-1}, \quad (19)$$

$$\alpha_j = \frac{1}{2} \partial^2 F(X_j, a) / \partial X_j^2 \cdot \sigma_{xy}^2. \quad (20)$$

Оценкой СКО погрешности эталона является значение:

$$\sigma_x = \Delta_{эм} / \sqrt{3}, \quad (21)$$

оценкой СКО отклика СИ – значение:

$$\sigma_y = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}, \quad (22)$$

где  $\hat{\sigma}$  вычисляется по формуле (5).

Разность между полученным значением  $a$  и единицей дает исключаемую относительную систематическую погрешность, которая может возникнуть из-за неправильной градуировки СИ. Полуширина доверительного интервала для функции (17) дает неисключенную систематическую погрешность. Авторы не приводят здесь всех расчетных формул и особенностей их применения. Задача другая – показать, что для СИ ионизирующих излучений можно и нужно использовать априорные сведения, следующие из физических принципов, на которых основана работа таких СИ. В сочетании с современными методами математической статистики это дает возможность существенно уменьшить значения характеристик погрешности, приписываемых СИ.

То же самое можно сказать и о случайной составляющей погрешности. В этом случае можно использовать известный факт, что количество импульсов на выходе детектора ионизирующих излучений подчиняется закону распределения Пуассона. Поэтому относительное СКО случайной составляющей погрешности должно быть обратно пропорционально квадратному корню из измеряемой величины, т.е. описываться формулой:

$$\sigma = \frac{k}{\sqrt{X}}. \quad (23)$$

На практике анализ экспериментальных данных из материалов испытаний СИ ионизирующих излучений показал, что СКО случайной составляющей погрешности хорошо описывается несколько более сложной формулой:

$$\sigma = a_1 + a_2 / \sqrt{X}. \quad (24)$$

Коэффициенты этой зависимости также могут быть найдены путем применения описанного выше подхода.

Авторы считают, что крайне необходимо разработать нормативный документ по оценке метрологических характеристик СИ при их испытаниях, калибровке и поверке.

## Литература

1. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
2. ГОСТ 28271-89. Приборы радиометрические и дозиметрические. Общие технические требования и методы испытаний.
3. Приказ Госкорпорации «Росатом» от 15.11.2013 № 1/14-НПА. Об утверждении Положения о порядке проведения испытаний средств измерений в области использования атомной энергии в целях утверждения их типа. Зарегистрирован в Минюсте России 30.04.2014 г., регистрационный № 32171.
4. ГОСТ 27451-87. Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия.
5. ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
6. Ю.Н.Мартынюк, К.Нурлыбаев. Погрешность или неопределенность в дозиметрии. Сайт [lsrm.ru](http://lsrm.ru).
7. ГОСТ 8.736-2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.
8. МИ 2440-97. Рекомендация ГСИ. Методы экспериментального определения и контроля характеристик погрешности измерительных каналов, измерительных систем и измерительных комплексов.
9. Приказ Госкорпорации «Росатом» от 31.10.2013 № 1/10-НПА. Об утверждении метрологических требований к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии. Зарегистрирован в Минюсте России 27.02.2014 г., регистрационный № 31442.
10. ГОСТ Р 54500.3-2011. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.
11. ОСТ 95 10353-2008. Отраслевая система обеспечения единства измерений. Алгоритмы оценки метрологических характеристик при аттестации методик выполнения измерений.
12. ГОСТ Р МЭК 1066-93. Системы дозиметрические термолюминесцентные для индивидуального контроля и мониторинга окружающей среды. Общие технические требования и методы испытаний.
13. IEC 60532, 2010-08, Ed. 3.0 Radiation protection instrumentation - Installed dose rate meters, warning assemblies and monitors - X and gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV.

## Metrological Characteristics of Dosimeter. What is this?

Gavrilov Boris, Elizarov Oleg, Mekenja Olga (Private institution of technical regulation, metrology and standardization of Rosatom, Moscow, Russia), Nurlibaev Kubeyzin (Scientific Production Company "Doza", Moscow, Russia)

**Abstract.** Contained in state standards Approaches to establishing and evaluating of metrological characteristics of ionizing radiation measuring instruments are considered. Insufficiency of metrological characteristics set and absence of evaluating algorithms is shown. Evaluating algorithm taking into account etalon uncertainties, uncertainties due to limited quantity of measurements and a priori information based on physical nature of radiation measurements is suggested.

**Key words:** *ionizing radiation, measuring instrument, metrological characteristics.*

Б.М.Гаврилов (к.т.н., гл.эксперт), О.В.Елизаров (гл.спец.), О.М.Мекеня (вед.спец.) – Частное учреждение «Атомстандарт», г.Москва; К.Нурлыбаев (к.т.н., гл.н.с.) – НПП «Доза», г.Зеленоград.

Контакты: тел.: +7 (905) 575-04-98; e-mail: [bmgavrilov@mail.ru](mailto:bmgavrilov@mail.ru).