

П.С. Серенков,
Н.А. Жагора,
Е.Н. Савкова

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ МЕТРОЛОГИИ

УДК 006.91(045)

Рассмотрена проблема совместимости двух подходов в метрологии: классического, основанного на теории погрешностей, и современного, основанного на концепции неопределенности. Приведен анализ их соответствия теории вероятности и математической статистике. Сделан вывод о бесперспективности сведения их воедино, так как они имеют различную логику, понятия, принципы классификации источников изменчивости. Приведены алгоритмы корректного взаимного пересчета характеристик неопределенностей и погрешностей.

The article deals with the problem of compatibility of two different approaches in metrology, i.e. the classic one, which is based on the theory of errors, and the modern one, which is based on the uncertainty concept. It includes an analysis of their compliance with the relativity theory and mathematical statistics. The attempts to combine them are identified as being impractical due to diverse logic, notions and principles of classification of variety sources they utilize. Algorithms of correct interconversion of characteristics of uncertainties and errors are given.

1. Постановка задачи

Несмотря на устоявшуюся практику применения Закона Республики Беларусь "Об обеспечении единства измерений", среди специалистов различных уровней остаются принципиальные разногласия и взаимное недопонимание в отношении процедур метрологического обеспечения производства, а именно: процедур поверки и калибровки. На наш взгляд, это следствие исторически сложившихся различий в подходах к метрологии. Можно утверждать, что в период существования СССР в силу ряда обстоятельств, в частности, разделения функций производства продукции и ее экспорта (т.е. производитель и экспортер продукции – суть не одно и то же), параллельно существовали два подхода к обеспечению единства измерений.

Сфера действия первого подхода, «классического», распространялась на взаимоотношения внутренних потребителей и поставщиков – промышленных предприятий СССР. Как известно, промышленные предприятия периода плановой экономики «сдавали» готовую продукцию государству. Качество продукции рассматривалось как соответствие номенклатуры характеристик установленным в нормативных документах требованиям. Продукция, прошедшая приемочный контроль и испытания, считалась сданной, а предприятие – выполнившим план. Разногласия между поставщиками и потребителями в отношении достоверности результатов контроля рассматривались с единых позиций, определяемых единым центром – Госстандартом СССР, его авторитетными научно-исследовательскими институтами – и регламентировались целым комплексом ГОСТ, Д, Р, МУ, МИ и т.п. Таким образом, единство измерений обеспечивалось на основе определен-

ных в рамках СССР концепций, подходов, правил, доказательность которых обуславливалась, в том числе, таким весомым аргументом, как «...нарушение требований данного стандарта преследуется по закону».

Второй подход к обеспечению единства измерений связан с тем, что экспорт продукции в СССР осуществлялся централизованно специальными ведомствами, например, Министерством внешней торговли, Совэкспортом и т.п. Оценка соответствия экспортируемой продукции производилась по иным правилам, регламентированным международными, региональными, отраслевыми и др. документами.

Сегодня Республика Беларусь быстрыми темпами развивает экспортно ориентированную экономику. Это означает, что каждое предприятие как потенциальный экспортер, выходя на внешние рынки, вынуждено принимать правила той страны или региона, чью границу пересекает продукция. Поэтому игнорировать существующие подходы современной метрологии нельзя.

«Яблоком раздора» между сторонниками этих двух подходов сегодня являются составные части метрологического контроля – поверка и калибровка. Так, большинство специалистов машиностроительных предприятий по-прежнему отдают предпочтение поверке. Во-первых, потому, что в том виде, в котором калибровка в настоящее время реализуется на практике, она является более дорогим мероприятием. Во-вторых, калибровка вызывает определенные методические трудности для персонала метрологических служб, привыкшего оперировать характеристиками погрешностей, строгими алгоритмами их идентификации, комплексирования и представления результатов. Оценивание неопределенности результата из-

мерений предполагает большую «творческую» свободу в выборе и обосновании методики обработки результатов измерений, но одновременно повышает и степень ответственности метролога за свой выбор.

Таким образом, наряду с организационно-техническими моментами, разногласия касаются методов оценки точности результата измерений. Как известно, теоретической базой поверки является теория погрешностей, калибровки – концепция неопределенности результатов измерений. Целью данной статьи является анализ выявленных противоречий и разработка путей их преодоления.

2. Теория вероятности и математическая статистика как методологическая база метрологии

В контексте понятий СТБ ISO 9001 прикладная метрология – предметная область, основной вид деятельности в рамках которой – измерение – можно отнести к так называемым «специальным» процессам. «Продукцией» процесса измерения является **результат измерений** – значение физической величины в виде диапазона значений с заданной вероятностью, типичная форма представления которой $y = y_0 \pm U, P$.

Результат измерений с неопределенностью как «продукцию» специального процесса, в принципе, невозможно однозначно перепроверить (верифицировать). Можно утверждать, что доказательно обеспечить требуемую степень доверия к результату измерений можно косвенно: путем обеспечения (оценки) требуемого уровня доверия ко всем элементам этого процесса и в первую очередь к методологическим основам измерений. Следует отметить бесспорный факт, что к последним, причем как в контексте теории погрешностей, так и концепции неопределенностей, относится теория вероятности и математическая статистика, взаимосвязь между которыми иллюстрирует таблица 1.

Два основных фундаментальных положения теории вероятности и математической статистики являются определяющими применительно к измерениям.

Положение 1. Все величины, вовлеченные в процесс измерения, являются случайными по своей природе, т.е. каждую из них можно охарактеризовать тремя основными вероятностными характеристиками:

- закон распределения,
- математическое ожидание,
- стандартное отклонение или дисперсия.

Таблица 1

Связь теории вероятности и математической статистики с оценками точности результатов измерений

Значение физической величины A	Неслучайная составляющая A	Случайная составляющая A	Представимый диапазон значений A	Примечание
Общий случай. Величина A , вовлеченная в процесс измерений (результат измерений)	$A^0 \neq 0$ - математическое ожидание результата измерений A	$\pm U$ - диапазон рассеяния параметра A с вероятностью P , $U = t_p \cdot \sigma(\bar{x}) \approx 3 \cdot \sigma(\bar{x})$	$A = A^0 \pm U$ $P = 0,9973$	принят в концепции неопределенности измерения
Частный случай 1 Величина A , вовлеченная в процесс измерений	$A^0 \neq 0$	$\sigma(\bar{x}) \approx 0$, поэтому $\pm U_i = 0$ – диапазон рассеяния параметра A с вероятностью P	$A = A^0$	в теории погрешностей относят к систематическим погрешностям
Частный случай 2 Величина A , вовлеченная в процесс измерений	$A^0 \approx 0$	$\sigma(\bar{x}) \neq 0$ $\pm U_i$ – диапазон рассеяния параметра A с вероятностью P	$A = 0 \pm U$, $P = 0,9973$	в теории погрешностей относят к случайным погрешностям

При этом каждая случайная измеряемая величина или величина, вовлеченная в процесс измерений, A может быть представлена как диапазон значений, которые могут быть с достаточным основанием приписаны этой величине (рис. 1):

$$Y = Y^0 \pm U, P, \quad (1)$$

где

- A^0 – оценка результата измерений (математическое ожидание) – **неслучайная составляющая**,
- $\pm U$ – диапазон рассеяния параметра A^0 с вероятностью P , характеризуемый стандартным отклонением (дисперсией или ковариацией) – **случайная составляющая**.

В свою очередь, случайная составляющая, представленная диапазоном рассеяния, имеет вид:

$$U = t_p \cdot \sigma(\bar{x}), \quad (2)$$

где

$$\sigma(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{– стандартное}$$

отклонение математического ожидания величины A^0 ;

t_p – коэффициент Стьюдента для числа степеней свободы $n-1$ и вероятности P .

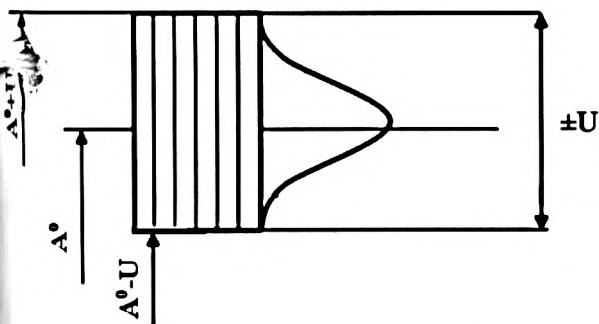


Рис. 1. Графическое представление неопределенности результата измерений как случайной величины

Важнейшим следствием из вышесказанного является следующее: любая величина, будучи случайной по своей природе, характеризуется диапазоном возможных значений с заданной вероятностью P , но при этом имеет в общем случае две составляющие: неслучайную (математическое ожидание) и случайную (диапазон рассеяния). При этом возможны частные случаи.

Частный случай 1. $\sigma(\bar{x}) \approx 0, A^0 \neq 0$, такие величины в теории погрешностей относят к систематическим.

Частный случай 2. $\sigma(\bar{x}) \neq 0, A^0 \approx 0$, такие величины в теории погрешностей относят к случайным.

Положение 2. Касается важнейшего для метрологии вопроса обработки вовлеченных в процесс измерений случайных величин и представляет собой Центральную предельную теорему, определяющую правила их комплексирования. Практический интерес представляют два следствия теоремы, которые применительно к измерению могут быть сформулированы следующим образом:

Следствие 1: Математическое ожидание A^0 (неслучайная составляющая) результата измерений A , полученного комплексированием случайных нормально распределенных величин A_i , вовлеченных в процесс измерений, выражается по формуле:

$$A^0 = f(A_i^0), \quad (3)$$

где f – функция, представляющая собой модель измерений как математическую зависимость между оценкой результата измерений и оценками (математическими ожиданиями) всех входных величин $A_i^0, i = 1...N$, вовлеченных в измерение.

Для случая, когда модель функции связи f представлена как сумма случайных нормально распределенных величин (поправок), формула (3) имеет вид:

$$A^0 = \sum_{i=1}^N A_i^0. \quad (4)$$

Следствие 2: Дисперсия D_Σ результата измерений A , полученного комплексированием случайных нормально распределенных величин A_i в соответствии с моделью функции связи f выражается по формуле

$$D_\Sigma = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f(M_i)}{\partial A_i} \right)^2 \cdot D_i. \quad (5)$$

Для случая, когда модель функции связи f представлена как сумма случайных нормально распределенных величин (поправок), формула (5) имеет вид:

$$D_\Sigma = \sum_{i=1}^N D_i. \quad (6)$$

3. Сравнение концепции неопределенности и теории погрешности результатов измерений

3.1 Сущность концепции неопределенности измерения в контексте понятий теории вероятности и математической статистики

Концепция неопределенности строго придерживается фундаментальных положений теории вероятности и математической статистики (формулы 1 – 6), что в современных условиях повышенного внимания к степени доверия результатов измерений (испытаний) является ее значительным преимуществом.

Руководство по выражению неопределенности измерения [1] исходит из того, что все без исклю-

чения величины, вовлеченные в процесс измерений, в том числе и результат измерений, априори являются случайными по своей природе. Соответственно результат измерений величины Y может быть представлен по аналогии с формулами (1, 2) как диапазон значений, которые могут быть с достаточным основанием приписаны этой величине:

$$Y = Y^0 \pm U, p, \quad (7)$$

где

- Y^0 – оценка результата измерений (математическое ожидание) – **нелучайная величина**, которая в соответствии с формулами (3, 4) представляет собой комбинацию всех вовлеченных в процесс измерений оценок величин x_i .

- $U = k \cdot u_c(Y)$ – расширенная неопределенность результата измерений A^0 с вероятностью охвата p – **случайная величина**, которая в соответствии с формулами (5, 6) представляет собой комбинацию всех вовлеченных в процесс измерений оценок дисперсий $u^2(x_i)$ величин x_i ,

$$u_c(Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)} -$$

суммарная стандартная неопределенность оценки результата измерений Y , представленная стандартным отклонением результата измерений, характеризующим разброс его значений,

- f – функция, представляющая собой модель измерений,

- $u^2(x_i)$ – дисперсия или ковариация влияющего параметра $x_i, i = 1...N$,

- $u(x_i)$ – стандартная неопределенность влияющего параметра x_i , оцененная по типу A или B ,

- k – коэффициент охвата, значение которого выбирается на основе уровня доверия. Обычно k назначают в диапазоне от 2 до 3 (для уровня доверия $p = 0,95...0,9973$).

Примечание. Понятие «уровень доверия p », введенное [1, 2], на наш взгляд не является семантически корректным. В такой форме p ассоциируется с вероятностью «абсолютного» доверия к результату измерений или с его достоверностью. Тем не менее установлено, что достоверность результата измерений, выражаемая через уровень доверия, определяется не только собственно процессом измерений, но и его организационно-техническим сопровождением [3]. В этом смысле более корректным является понятие «классической» метрологии – «доверительная вероятность P ».

3.2. Сущность теории погрешностей в контексте понятий теории вероятности и математической статистики

Теория погрешностей результатов измерений, в отличие от концепции неопределенности, являет-

ся сложившейся областью знаний, сформированной в особых экономических, политических, организационно-технических условиях и нашедшей отражение в комплексе нормативных документов различных уровней. Нормативные документы, имевшие в свое время статус обязательных к исполнению, предопределили специфику классической метрологии как весьма консервативной предметной области.

Если не акцентировать внимание на различиях исходных понятиях (для метрологии – это «истинное значение» и «погрешность», а для неопределенности – это «неопределенность» и «неопределенность измерения»), то ключевыми отличиями теории погрешностей являются следующие:

- рассматриваются две категории величин, вовлеченных в процесс измерений, – систематические и случайные (таблица 1);

- в отличие от концепции неопределенности, теория погрешностей оперирует не измеряемыми величинами, а погрешностями, которые представляют собой особую форму приведения измеренной величины к идеальной $\Delta = X_{изм} - X_{идеал}$ или в современной трактовке – форму приведения измеренной величины к опорному значению $\Delta = X_{изм} - X_{ref}$ [4];

- погрешность как оцениваемая величина представляет собой комбинацию систематической и случайной составляющих $\Delta = \Delta_c + \Delta$, каждая из которых является в общем случае результатом комлексирования элементарных составляющих [4].

В этом смысле теория погрешностей не строится на фундаменте фундаментальных положений теории вероятности, и эта некорректность решается в классической метрологии раздельным выявлением и комлексированием систематических и случайных составляющих погрешности, что очевидно ограничивает ее возможности в части математического моделирования и анализа результатов измерений в нетривиальных случаях, как показано ниже.

3.3 Несостоятельность применения теории погрешностей при решении современных измерительных задач

Метрическая конвенция заложила основы международной системы измерений, обеспечивающей надежность, прослеживаемость и эквивалентность результатов измерений. Консультативные комитеты Международного комитета мер и весов определили новые постоянно возрастающие потребности в достоверных и сопоставимых результатах измерений в следующих областях [5]:

- 1) производство продуктов питания, в том числе генетически модифицированной продукции, лабораторная диагностика, испытания семян;
- 2) торговля между развитыми и развивающимися странами (признание на международном уровне

метрологической системы, в частности, в таких областях измерений, как цвет, блеск, свойства веществ и т.п.);

3) мониторинг окружающей среды, загрязнений;

4) лабораторная медицина в части клинического анализа, антидопинговый контроль в спорте;

5) энергосбережение (прослеживаемость измерений радиоактивности и ионизирующих излучений, а также измерений в нейтронных полях);

6) безопасность и судебная медицина (прослеживаемость измерений по ДНК и РНК, лекарственных препаратам, ядам, взрывчатым и другим веществам в малых количествах, дозам излучений, используемых при контроле и досмотре в аэропортах, и т.д.);

7) микро- и нанотехнологии (прослеживаемость измерений на микро- и наноуровнях, объединяемых понятием «нанометрология»).

Заявленная в [1, 5] «несостоятельность теории погрешностей» при оценивании точности, надежности и прослеживаемости результатов измерений в перечисленных выше областях обусловлена, по нашему мнению, следующими соображениями.

Теория погрешностей применима для таких достаточно «консервативных» видов измерений, как, например, линейно-угловые, для которых составляющие общей погрешности результата непрерывно определены практикой, процедура измерений отработана и во многих случаях стандартизована. Здесь обоснованно применим прагматичный подход к представлению процесса измерений как «черного ящика», в отношении которого можно с достаточной степенью корректности использовать классическую модель измерения (формулы 4, 6).

Теория погрешностей не является состоятельной для современных, инновационно развивающихся областей деятельности, где наблюдается тенденция технического и технологического усложнения процедур контроля и испытаний продукции. Последнее связано с высокой степенью риска как в отношении результатов контроля и испытаний, так и в отношении самой продукции.

Например, для медицины, фармацевтической, пищевой и других отраслей промышленности, продукция которых имеет повышенный уровень риска, при оценке результатов контроля и испытаний, очевидно, следует придерживаться большей строгости в построении модели измерения, так как даже относительно небольшая часть «неучтенной» неопределенности может повлечь за собой значительные негативные последствия, связанные с жизнью и здоровьем людей.

Проведение измерений, являющихся частью контроля и испытаний продукции в такого рода областях, предполагает установление различных

уровней приближений и допущений, тщательный анализ факторов изменчивости, а значит, рассматривает измерение как процесс преобразования информации с разложением его на переходы. Поэтому для оценки точности результата измерений не всегда представляется возможным использовать «классическую» теорию погрешностей, так как необходимо особым образом учитывать эффекты и физические принципы, свойственные конкретной области [6]. Например, помимо факторов, относящихся непосредственно к измерительным процедурам, все большую роль в обеспечении заданного уровня точности и достоверности результатов контроля и испытаний начинают играть такие составляющие, как:

- «факторы действия», связанные с контактами оператора с объектом, техническими средствами, средой (наполнение пробирок реагентами, установка образцов на испытательное оборудование, нагрев, охлаждение и другие виды воздействия на образцы в процессе контроля и испытаний, манипулирование техническими средствами и т.д.), которые не всегда возможно включить в модель измерения как поправки и поправочные коэффициенты (4), их влияние является опосредованным;
- «факторы субъективного оценивания», связанные с выполнением определенных действий на различных стадиях процесса контроля и испытаний на основе органолептических восприятий, например, «на просвет», по цвету, звуку, запаху и т.п. (хотя для этих целей используются модели «стандартных наблюдателей», но как показывает практика, они вносят свой вклад в изменчивость процесса).

4. Измерительные ситуации, требующие применения количественных характеристик двух подходов

Предпринимаемые в некоторых работах и нормативных документах попытки подробного сравнительного анализа теории погрешностей и концепции неопределенностей часто не являются удачными (подобно тому, как если осуществлять перевод текста с немецкого языка на русский через английский) [7,8]. Данные подходы, несмотря на то, что их математические аппараты схожи и базируются на теории вероятности и математической статистике, представляют собой две параллельно существующие концепции. Их бессмысленно сводить воедино, так как они имеют различную логику, понятия и принципы классификации источников изменчивости.

4.1 Классификация ситуаций, требующих взаимного пересчета погрешностей и неопределенностей

Все ситуации, требующие взаимного пересчета погрешностей и неопределенностей, можно разделить на два класса:

1. Полный взаимный пересчет характеристик погрешностей в характеристики неопределенностей.
2. Использование в расчетах смешанных характеристик:

2.1 при расчете суммарной погрешности измерения – отдельных характеристик неопределенностей;

2.2 при расчете расширенной неопределенности измерения – отдельных характеристик погрешностей.

4.2 Пересчет характеристик неопределенностей в характеристики погрешностей

Ситуация 1. Имеется парк средств измерений, прошедших процедуру калибровки, т.е. имеются протоколы калибровки и расчет неопределенностей результатов измерений. Требуется в рамках комплекса работ по метрологическому обеспечению производства разработать методику выбора средства измерений, например, для операционного контроля параметров изделия в процессе его производства, руководствуясь РД 50-98-86 [9]. Данный документ предполагает выбор средств измерений и методик выполнения измерений, исходя из характеристик погрешностей.

Исходные данные. Из протоколов калибровки имеющихся средств измерений (бюджетов неопределенностей), предполагаемых для альтернативного выбора, известны:

- расширенная неопределенность U ;
- коэффициент охвата k ;
- уровень доверия p .

Дополнительно к перечисленным, для расчета всех оценок характеристик погрешностей необходимо иметь:

- количество результатов наблюдений n ;
- эффективное число степеней свободы ν_{eff} .

Результатами пересчета в характеристики погрешностей измерения являются:

- оценка среднего квадратического отклонения (СКО), характеризующего суммарную погрешность результата измерений

$$S_{\Sigma} = \frac{U}{k} = u_c ;$$

- оценка СКО случайной погрешности результата измерений

$$S = u_A = S \cdot \sqrt[4]{\frac{n-1}{\nu_{eff}}} ;$$

- оценка СКО, характеризующая неисключенную систематическую погрешность (НСП) результата измерений $S_{\theta} = u_B = \sqrt{S_{\Sigma}^2 - S^2}$;

- оценка доверительных границ НСП результата измерений

$\theta(P) = K_p \sqrt{3} \cdot S_{\theta}$, где коэффициент $K_p = 1,1$ для $P = 0,95$; $K_p = 1,4$ для $P = 0,99$ и $m > 4$, m – количество выявленных неисключенных систематических погрешностей;

- оценка доверительных границ погрешностей результата измерений

$$\Delta = \frac{t_p(n-1) \cdot S + \theta(P)}{S + S_{\theta}} \cdot S_{\Sigma} ,$$

где $t_p(n-1)$ – коэффициент Стьюдента для заданной вероятности P и эффективного числа степеней свободы $n-1$.

Далее, руководствуясь значением Δ , по РД 50-98-86 можно оценить возможность применения выбранного средства измерений для операционного контроля параметра изделия, представленного полем допуска. Следует обратить внимание на тот факт, что перевод характеристик неопределенностей в характеристики погрешностей измерений достаточно громоздок в силу консервативности алгоритма получения доверительных границ погрешностей результата измерений и, в частности,

Исходные данные

- расширенная неопределенность результата измерений U ;
- коэффициент охвата k ;
- уровень доверия p ;
- количество результатов наблюдений n ;
- эффективное число степеней свободы ν_{eff} .



оценка СКО, характеризующая суммарную погрешность результата измерений

$$S_{\Sigma} = \frac{U}{k} = u_c$$

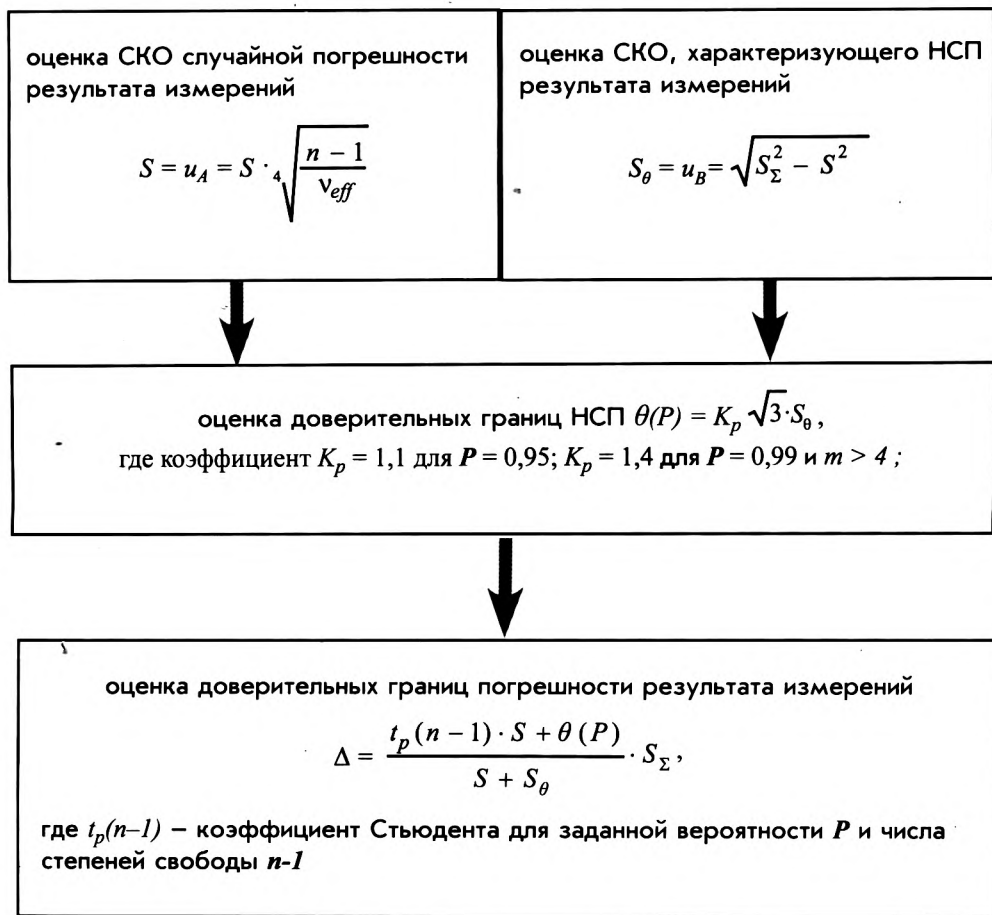


Рис. 3. Алгоритм пересчета неопределенности в характеристики погрешности результата измерений

коэффициента расширения $k = \frac{t_p(n-1) \cdot S + \theta(P)}{S + S_\theta}$

Сложная конструкция коэффициента предполагает идентификацию и определение практически всех элементов погрешности измерения. Схематически алгоритм пересчета показан на рис. 3.

4.3 Пересчет характеристик погрешностей в характеристики неопределенностей

Ситуация 2. Имеется парк средств измерений, регулярно проходящих процедуру поверки, т.е. имеются протоколы поверки, свидетельства поверки, включающие информацию о погрешности поверенных средств измерений. В рамках комплекса работ по метрологическому обеспечению испытаний продукции планируется применение средств измерений, имеющих свидетельство поверки. В соответствии с требованиями СТБ ИСО/МЭК 17025 оценка результатов испытаний должна быть представлена как неопределенность, что предполагает составление бюджета неопределенности.

Требуется в рамках комплекса работ по метрологическому обеспечению испытаний продукции по конкретному параметру разработать методи-

ку обработки и представления результата испытаний. Расширенная неопределенность результата испытаний включает, в том числе, вклад неопределенности средства измерений, имеющего действующий аттестат поверки и приведенные в нем характеристики погрешности.

Исходные данные. Из протоколов поверки средства измерений, выбранного для использования в испытаниях продукции, известны:

- оценка СКО S результата измерений;
- оценка НСП в виде границ $\theta(P)$ для заданной доверительной вероятности P ;
- число составляющих НСП - m .
- количество результатов наблюдений n , взятых для вычисления среднего арифметического в качестве оценки результата измерений.

Результатами пересчета в характеристики неопределенности являются:

- оценка стандартной неопределенности результата измерений по типу A

$$u_A = S;$$

- оценка стандартной неопределенности результата измерений по типу B ,

$$u_B = \frac{\theta(p)}{K_p \cdot \sqrt{3}}$$

где коэффициент $K_p = 1,1$ для $P = 0,95$;
 $K_p = 1,4$ для $P = 0,99$ и $m > 4$;

- оценка суммарной неопределенности результата измерений $u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$;
- оценка эффективного числа степеней свободы

$$v_{eff} = (n-1) \cdot \left(1 + \frac{u_B^2}{u_A^2} \right)^2$$

- оценка коэффициента охвата k как коэффициента Стьюдента $t_p(v_{eff})$ для заданного уровня доверия p и полученной оценки эффективных степеней свободы v_{eff} ;
- оценка расширенной неопределенности $U = k \cdot u_c$.

Далее значения характеристик u_c, v_{eff}, k, U выбранного средства измерений можно использовать как составляющий элемент бюджета неопределенности результата испытаний, в котором это средство предполагается задействовать. Алгоритм пересчета показан на рис. 4.

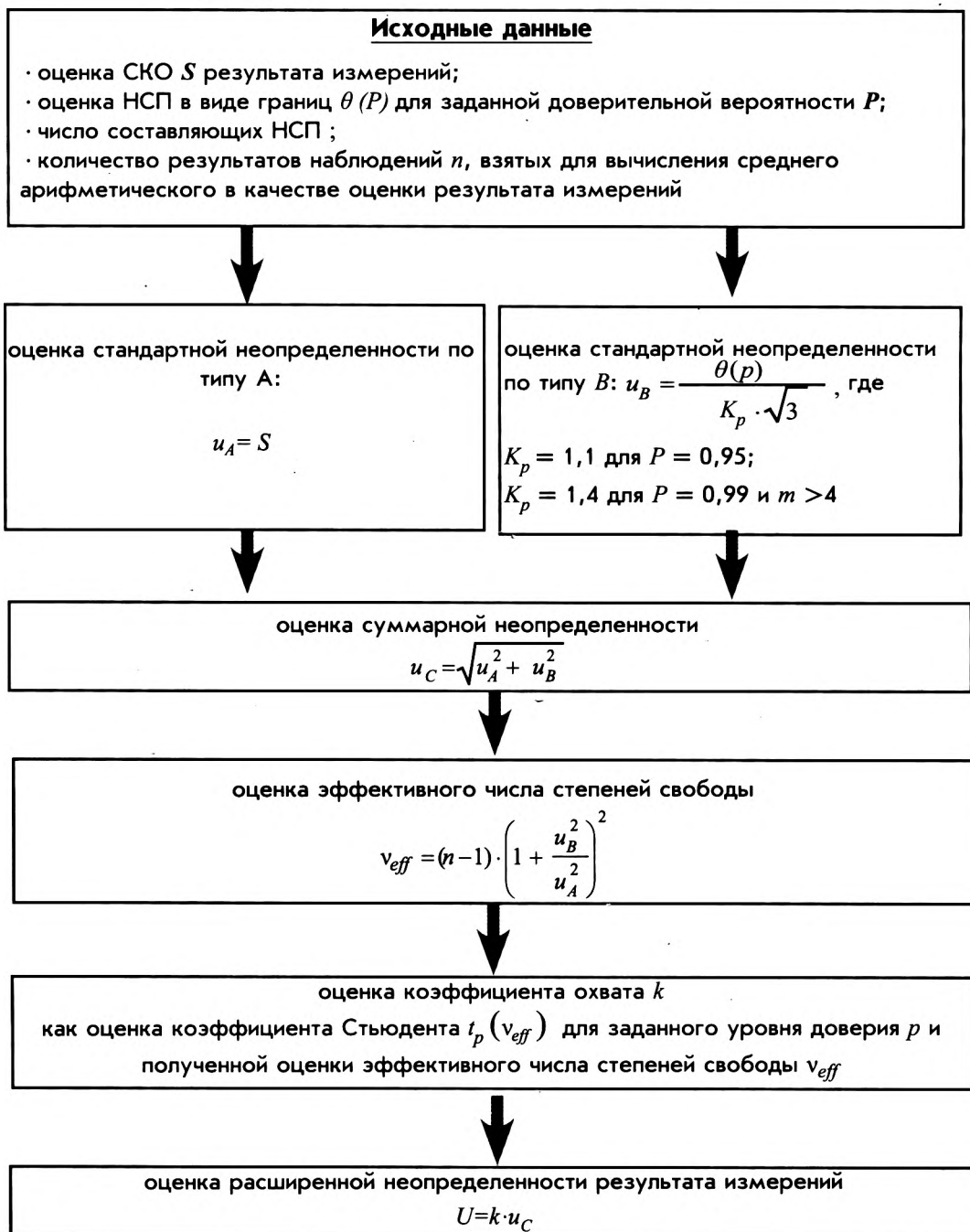


Рис. 4. Алгоритм пересчета характеристик погрешности в оценки неопределенности результата измерений

5. Выводы

Не следует смешивать организационно-технические и научно-методические аспекты современной метрологии. Организационно-технические аспекты метрологического обеспечения производства регламентирует Закон Республики Беларусь "Об обеспечении единства измерений", который следует неукоснительно выполнять. Однако, что касается научно-методических аспектов, например, в части выбора и обоснования методов, методик, техники сбора, обработки и анализа данных измерительного эксперимента, а также представления результатов измерений, то современные подходы и требования к метрологии и метрологическому обеспечению предполагают здесь значительно большую «творческую» свободу. А это, в свою очередь, предполагает, что научно-методический уровень работников метрологических служб должен соответствовать уровню риска принимаемых решений.

Теория погрешностей и концепция неопределенности – два принципиально не противоречащих друг другу подхода, которые являются востребованными для решения различных задач метрологического обеспечения и метрологического контроля. Их бессмысленно сводить воедино, так как имеют различную логику, понятия, принципы классификации источников изменчивости. Однако их методологическая основа – теория вероятности и математическая статистика – позволяет корректно и достаточно просто производить взаимный пересчет характеристик неопределенностей и погрешностей.

Список использованной литературы

1. ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).
2. Международный словарь по метрологии – Основные и общие понятия и соответствующие термины. Руководство 99. Третья редакция, 2009.
3. Серенков П. С. Развитие доказательной базы метрологии на основе принципов системного под-

хода // Метрология и приборостроение. – Минск, 2009. – № 1. – С. 8 - 11.

4. Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб: в 2-х кн. / Предисл. канд. техн. наук И.Х.Сологана, – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1990. Кн. 1. – 438 с.

5. Отчеты консультативных комитетов Международного комитета мер и весов. Документы 23-й Генеральной конференции мер и весов. – Минск, Белорусский государственный институт метрологии, 2003. – с. 93.

6. Серенков П.С., Романчак В.М. Применение методов непараметрического оценивания неопределенностей в задачах метрологического обеспечения // Метрология - 2009: сб. докладов Междунар. науч.- практ. конф., Минск, 2009 г./ Госстандарт Республики Беларусь, БелГИМ, БНТУ; под общ. ред. В. Н. Корешкова и др. – Минск, 2009.–С. 141-145.

7. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях. Учеб. пособие: - Харьков, Консум, 2002. -256 с.

8. РМГ 43-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений», – Минск: Издательство стандартов, 2002. – 20 с.

9. РД 50-98-86 «Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм».

Павел Степанович Серенков, доктор технических наук, заведующий кафедрой "Стандартизация, метрология и информационные системы" БНТУ;

Николай Адамович Жагора, доктор технических наук, директор БелГИМ;

Евгения Николаевна Савкова, кандидат технических наук, доцент кафедры "Стандартизация, метрология и информационные системы" БНТУ