

УДК 551.506.2(045)

Н. А. Жагора,  
Л. Е. Астафьева

## О МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ

*Настоящая работа содержит анализ требований к метрологической прослеживаемости, приведенных в Договоренности о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами (CIPM MRA), Совместной декларации BIPM, OIML, ILAC и ISO о метрологической прослеживаемости, а также в международных стандартах и документах: VIM 3, P10:01/2013, ISO/IEC 17025:2017 и др.*

*This work contains analysis of the requirements to metrological traceability stipulated in the Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes (CIPM MRA), Joint BIPM, OIML, ILAC and ISO Declaration on Metrological Traceability as well as in international standards and documents: VIM 3, P10:01/2013, ISO/IEC 17025:2017 etc.*

Понятие «прослеживаемость» (traceability) появилось в метрологической практике в конце 80-х – начале 90-х годов прошлого века и первоначально применялось при аккредитации испытательных и калибровочных лабораторий.

В Беларуси его стали применять при разработке документов Системы аккредитации поверочных и испытательных лабораторий Республики Беларусь, гармонизированных с документами и рекомендациями международных (ISO Guide 25 и др.) и европейских (EN серии 45000) организаций по метрологии и аккредитации.

В Систему обеспечения единства измерений понятие «прослеживаемость» введено Законом Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» в редакции 2006 года.

С выходом международного документа ISO/IEC Guide 99:2007 «International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)» (Международный словарь метрологии – Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)) к «прослеживаемости» добавилось определение «метрологическая».

Учитывая, что в Беларуси термин «метрологическая прослеживаемость» используется относительно недавно, что вызывает сложности со стороны представителей отдельных организаций и лабораторий, особый акцент в статье сделан на определение термина, установление, демонстрацию и условия признания метрологической прослеживаемости на международном и национальном уровнях.

В последнем издании международного словаря VIM 3 [1] дано следующее определение метрологической прослеживаемости: «свойство результата измерения, в соответствии с которым результат может быть соотнесен с основой для сравнения через документированную непрерывную цепь (цепочку) калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность измерений».

Новым в определении прослеживаемости можно считать применение в качестве отправной точки тер-

мина «основа», который явно шире, чем применяемый ранее термин «эталон единицы измерения», с которым соотносился результат.

Исходя из определения, можно выделить следующие основные аспекты:

- прослеживаемость относится к результату измерений;
- результат измерений должен быть связан с основой для сравнения;
- результат соотнесения документируется;
- полученному результату измерений приписывается точность, с которой он выполнен, в виде неопределенности.

В получении результата измерений участвует калиброванное средство, которое вносит вклад в неопределенность измерения. При этом подразумевается, что в неопределенность наравне со средством измерений вносят также свой вклад: оператор; условия окружающей среды; время, проходящее между измерениями; установочные, настроечные (калибровочные) образцы; объект измерения; методика измерения и алгоритм расчета результата; справочные (стандартные) данные.

Утверждение, что каждый переход цепочки калибровок вносит вклад в неопределенность измерений, должно учитывать, что, по сути, самым существенным является вклад последней в цепочке калибровки, остальные калибровки более высокого уровня (эталонов) дадут пренебрежимо малый вклад при правильном выборе соотношения между точностями эталона и калибруемого прибора (меры), например, как это сделано при построении государственных поверочных схем.

Таким образом, метрологическая прослеживаемость объединяет концепцию неопределенности измерений и систему калибровок по иерархии эталонов или основ.

Обновленная Совместная декларация BIPM, OIML, ILAC и ISO о метрологической прослеживаемости [2], подписанная во время проведения 26-го заседания ГКМВ в 2018 году, подчеркивает значимость

метрологической прослеживаемости и призывает ее подписантов и другие заинтересованные организации обеспечивать выполнение рекомендаций декларации, которые учтены в стандарте ISO/IEC 17025:2017 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», используемом более чем 60 000 калибровочных и испытательных лабораторий во всем мире [3].

Метрологическая прослеживаемость является одним из элементов международных систем взаимного признания, которые обеспечивают доверие к эквивалентности и сопоставимости результатов измерений во всем мире и облегчают работу законодательных, регулирующих, контролирующих органов и организаций экспортеров/импортеров, а также она позволяет преодолевать многочисленные технические барьеры в торговле.

Результаты измерений, выполненные в одном месте, могут быть приняты повсеместно, если есть гарантия того, что они метрологически прослеживаются к международно признанным основам. Метрологическая прослеживаемость, где основа соответствует определению единицы измерения через ее практическую реализацию, означает метрологическую прослеживаемость к единице измерения, включенной в Международную систему единиц (SI). Чаще всего на практике результаты измерений прослеживаются к Международной системе единиц. Если прослеживаемость к SI неосуществима, то результаты измерений могут прослеживаться к сертифицированным значениям стандартных образцов или к результатам, полученным при использовании эталонных (reference) методик измерений. Возможна прослеживаемость к стандартизованным методам или к согласованным рабочим эталонам (образцам), которые подробно описаны и приняты заинтересованными сторонами как обеспечивающие соответствующие предполагаемому назначению результаты измерений и которые прошли сличения. Такими могут быть, например, образцы твердости или единицы pH, утвержденные Всемирной организацией здравоохранения стандартные образцы, принятые JCTLM методики и измерительные процедуры, международные и региональные стандарты методов испытаний и измерений.

Всякий раз, когда возникает необходимость в подтверждении метрологической прослеживаемости для международного признания, BIPM, OIML, ILAC и ISO рекомендуют использовать следующие принципы:

– калибровки должны проводиться в национальных метрологических институтах (НМИ), которые являются участниками CIPM MRA (<http://www.bipm.org/en/cipm-mra/>) и имеют СМС-строки калибровочных и измерительных возможностей в KCDB (<http://kcdb.bipm.org/>) или в лабораториях, аккредитованных по ISO/IEC 17025 органами, участвующими

в Соглашении ILAC (список участников Соглашения можно найти на сайте [www.ilac.org](http://www.ilac.org));

– неопределенность измерений следует оценивать в соответствии с принципами, установленными в GUM (<https://www.bipm.org/en/committees/ic/icgm/>) и в сопутствующих документах;

– результаты измерений, проведенных в аккредитованных лабораториях, должны прослеживаться до SI (если измерения не прослеживаются или еще не прослеживаются к SI, они должны прослеживаться к международно согласованной основе);

– НМИ, организующие и устанавливающие метрологическую прослеживаемость для аккредитованных лабораторий, должны быть участниками Договоренности CIPM MRA и должны иметь опубликованные СМС-строки в KCDB в соответствующих областях;

– в области сертификации в системе МОЗМ (OIML Certification System) аккредитация должна проводиться органами, которые участвуют в Соглашении ILAC и должны следовать политике метрологической прослеживаемости до SI.

Организации, подписавшие Декларацию о метрологической прослеживаемости, участвуют в ее выполнении следующим образом:

- BIPM – несет ответственность за обеспечение единства измерений в международном масштабе;

- CGPM – уполномочена утверждать определение единиц SI;

- CIPM – координирует работу BIPM по применению и правильному использованию единиц SI;

- NMI – несут ответственность за воспроизведение, обслуживание, хранение и передачу размера единиц SI путем прослеживаемых калибровок и измерений, основанных на их калибровочных и измерительных возможностях (СМС);

- OIML – содействует глобальной гармонизации законов и процедур в области законодательной метрологии. В документах OIML рекомендуется, чтобы эталоны, используемые для метрологического контроля в законодательной области, прослеживались к SI. OIML учредила Систему сертификации (OIML-CS) для взаимного признания сертификатов соответствия типа средств измерений требованиям, установленным в Рекомендациях МОЗМ. Кроме того, члены OIML могут подписывать Декларации о взаимном признании протоколов испытаний типа, являющихся основанием для выдачи сертификатов OIML. Органы по сертификации и испытательные лаборатории, участвующие в системе OIML по схеме А, должны подтверждать соответствие системы качества путем аккредитации либо добровольной проверки (peer assessment);

- ILAC – ассоциация органов по аккредитации лабораторий, инспекционных органов, провайдеров проверок квалификации испытательных лабораторий и изготовителей стандартных образцов, которая для уменьшения барьеров в торговле и облегчения

работы органов системы госрегулирования, имеет Соглашение ILAC о взаимном признании органов по аккредитации. Компетентность органов по аккредитации, участвующих в Соглашении ILAC, подтверждается путем периодических добровольных проверок (peer reviews). Благодаря Соглашению ILAC сертификаты и протоколы калибровок, испытаний и инспекционных проверок, выдаваемые аккредитованными лабораториями и инспекционными органами, могут признаваться по всему миру;

- AL, IB – должны выполнять требования международных стандартов, включая требования к метрологической прослеживаемости и неопределенности измерений;

- ISO – независимая неправительственная международная организация, в состав которой входят национальные органы по стандартизации, занимающиеся разработкой добровольных, основанных на консенсусе, международных стандартов, используемых участниками рынка. ИСО публикует стандарты, которые распространяются на изготовление и испытание продукции и на предоставление услуг. Во многих случаях требования к калибровкам и испытаниям являются неотъемлемой частью стандартов. В стандартах ИСО применяются метрологические термины, гармонизированные с VIM. Часто в стандартах ИСО требования, касающиеся измерений, выделены в отдельные разделы. Общее требование к прослеживаемости измерений до SI установлено в стандарте ИСО/МЭК 17025. ИСО тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (МЭК) и Международным союзом электросвязи (МСЭ), которые занимаются разработкой стандартов в области электротехники и электросвязи.

ILAC с целью обеспечения единого подхода к критериям аккредитации лабораторий разработал документ, который описывает его политику в отношении метрологической прослеживаемости P10:01/2013 «Политика ILAC в области прослеживаемости результатов измерений» [4] и который, очевидно, будет уточнен после введения новой редакции Декларации и стандарта ISO/IEC 17025:2017.

Документ содержит Политику ILAC по прослеживаемости:

- на которую распространяется действие соглашения ILAC в области калибровки;
- на которую распространяется действие соглашения ILAC в области проведения испытаний;
- с использованием стандартных образцов (RMS – CO) и сертифицированных стандартных образцов (CRMS – CCO).

Метрологическая прослеживаемость результатов измерений представляет собой основу доверия, которая требуется в рыночных отношениях для признания результатов измерений, полученных аккредитованными калибровочными и испытательными лабораториями.

Политика ILAC отражает пути выполнения требований к метрологической прослеживаемости, которые установлены в стандартах ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий) и 15189:2007 Medical laboratories – Particular requirements for quality and competence (Лаборатории медицинские. Дополнительные требования к качеству и компетентности).

В последней редакции международного стандарта ISO/IEC 17025:2017 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» установлены требования к метрологической прослеживаемости для испытательных и калибровочных лабораторий, которые выделены в отдельный пункт 6.5, а общие требования и дополнительная информация по метрологической прослеживаемости уточняются в приложении А к стандарту.

В частности, для испытательных и калибровочных лабораторий установлены к прослеживаемости следующие требования.

Лаборатория должна:

- установить и поддерживать метрологическую прослеживаемость результатов измерений к соответствующей основе для сравнения посредством документированной непрерывной цепи калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность измерений;
- обеспечить прослеживаемость результатов измерений к Международной системе единиц;
- продемонстрировать метрологическую прослеживаемость к соответствующей основе для сравнения, если метрологическая прослеживаемость к единице SI является технически невозможной.

Подтверждение метрологической прослеживаемости результатов измерений к Международной системе единиц осуществляется посредством:

- 1) калибровки, проводимой компетентной лабораторией (компетентными являются лаборатории, удовлетворяющие требованиям стандарта ISO/IEC 17025:2017);

- 2) или сертифицированных значений сертифицированных стандартных образцов с установленной метрологической прослеживаемостью к SI, изготовленных компетентным производителем (компетентными являются производители стандартных образцов, удовлетворяющие требованиям ISO 17034);

- 3) или прямого применения в своей деятельности единиц SI путем сличения, прямого или непрямого, собственных исходных эталонов с национальными или международными эталонами (детали практической реализации определения некоторых важных единиц SI даны в Брошюре SI, изданной CIPM).

Если два первых способа успешно реализуются на практике, то третий является перспективным, так как предусмотрен для случая, когда НМИ какой-либо

страны сможет воспроизвести единицу измерений в соответствии с ее определением или руководствуясь документом «mise et pratique»\* от CIPM, и эта реализация единицы будет признана на международном уровне после участия НМИ в ключевых или дополнительных сличениях. Например, воспроизведение секунды цезиевыми эталонами, килограмма – весами Киббла, ампера – эталонами на эффектах Джозефсона и Холла или эталонами со счетом электронов, моля – эталонными кремниевыми шарами и т. д.

Установление прослеживаемости к основам для сравнения, если технически не представляется возможным обеспечить прослеживаемость результатов измерений к SI, может осуществляться к:

- значению сертифицированного стандартного образца, полученного от компетентного производителя;
- результатам измерений, полученным референтным (эталонным) методом измерений, по согласованным стандартам или установленным (нормативным) методам, которые подробно описаны и признаны как дающие результаты измерений, пригодные для использования по назначению и обеспеченные подходящим сличением.

В Приложении А стандарта приведены рекомендации, которым должны следовать лаборатории при установлении и демонстрации метрологической прослеживаемости.

Считается, что метрологическая прослеживаемость установлена, если в технологии проведения измерений учитываются и соблюдаются факторы, связанные с:

- определением измеряемой величины (величины, подлежащей измерению);
- документированием непрерывной цепочки калибровок, позволяющей установить связь с соответствующей основой для сравнения;
- оцениванием неопределенности измерений на каждом этапе в цепи прослеживаемости с применением согласованных методов, например изложенных в документе GUM [5] и сопутствующих ему документах [6–10] (в ISO/IEC им присвоен индекс Guide 98);
- реализацией для каждого этапа в цепи прослеживаемости соответствующих методов, с получением результатов измерений и связанных с ними зарегистрированных значений неопределенности измерений;
- предоставлением лабораториями, реализующими один или несколько этапов в цепи прослеживаемости, доказательств соответствия их технической компетентности требованиям, установленным в ISO/IEC 17025:2017;

\* Руководство по практической реализации определенных единиц.

– применением известных математических методов, позволяющих учитывать систематические погрешности калиброванного оборудования (иногда называется смещением) при необходимости подтверждения метрологической прослеживаемости измерений результатов измерений, полученных в лаборатории.

Кроме того, при установлении метрологической прослеживаемости в отдельных случаях возможно применение эталонов, информация о которых, предоставленная компетентной лабораторией, содержит только заявление о соответствии их технической спецификации (без указания результатов измерений и связанных с ними значений неопределенности).

Реализация данного подхода при подтверждении метрологической прослеживаемости результатов измерений, в соответствии с которым предельные значения, указанные в спецификациях, используются в качестве источника неопределенности, зависит от использования соответствующего правила принятия решений для установления соответствия и от предельных значений, которые впоследствии учитываются в бюджете неопределенности.

Технической основой данного подхода является то, что заявленное соответствие определяет интервал значений, в котором с заданным уровнем доверия находится истинное значение измеряемой величины и который учитывает как любые смещения от истинного значения, так и неопределенность измерения.

Примером может служить использование гирь соответствующих классов точности согласно Международной рекомендации OIML R 111 для калибровки весов (ГОСТ OIML R 111-1-2009). Этот пример показывает, что поверенные в сфере законодательной метрологии эталонные приборы и меры вполне применимы для калибровки рабочих средств измерений и обеспечивают прослеживаемость. Нюанс состоит в правильном учете метрологических характеристик поверенного эталона в расчете неопределенности измерений рабочим прибором, которые являются частью суммарной неопределенности наряду с вкладом условий, методики, оператора, образца, расходных материалов и настроечного (калибровочного) образца. Соответствующие рекомендации приведены в документе МОЗМ G19.

В частности, вклад поверенного средства измерений или средства измерений, для которого при калибровке дана только оценка соответствия, в суммарную неопределенность рассчитывается по формуле  $u = MPE/\sqrt{3}$ , где MPE – это максимальная допускаемая погрешность средства измерений из описания типа (для поверки) или эксплуатационной документации (для калибровки).

Испытательные и калибровочные лаборатории ответственны за установление метрологической прослеживаемости. Считается, что метрологическая прослеживаемость обеспечена, если:

- результаты калибровок представлены лабораториями, которые соответствуют ISO/IEC 17025;
- сертифицированные значения сертифицированных стандартных образцов получены от их производителей, которые соответствуют требованиям ISO 17034.

Демонстрация соответствия установления метрологической прослеживаемости этим документам, в том числе системы менеджмента, осуществляется путем признания третьей стороной, например, органом по аккредитации, или внешней оценкой заказчиков либо самооценкой.

Согласно [3] международно признанные пути демонстрации включают:

- для национальных метрологических институтов – калибровочные и измерительные возможности, предоставляемые НМИ или уполномоченным институтом, которые были объектом международной экспертной оценки. Такая экспертная оценка проводится в соответствии с CIPM MRA [11]. Доступный любому заинтересованному лицу перечень услуг НМИ, предусмотренных сферой действия CIPM MRA, представлен в Приложении С KCDB (Базы данных ключевых сличений) BIPM (Международное бюро мер и весов) и включает диапазон и неопределенность по каждой перечисленной услуге;

- для лабораторий – калибровочные и измерительные возможности лаборатории, которые подтверждены органом по аккредитации – участником Договоренности ILAC (Международной организации по аккредитации лабораторий), либо региональных Договоренностей, признанных ILAC, и которая продемонстрировала метрологическую прослеживаемость. Область аккредитации лаборатории должна быть общедоступна через сайт соответствующего органа по аккредитации.

Кроме того, специальные указания для случаев, когда необходима демонстрация международного признания метрологической прослеживаемости, содержатся в Совместной декларации BIPM, OIML, ILAC и ISO о метрологической прослеживаемости.

Если требования к расчету неопределенности изложены в доступном международном документе GUM и дополняющим его Руководстве Объединенного комитета по руководствам в области метрологии (JCGM – Joint Committee on Guides of Metrology), то международно признанных рекомендаций, детально прописывающих вопросы установления и демонстрации прослеживаемости для отдельных видов измерений, нет. Есть только упоминание о виртуальной цепочке передачи размера единицы от ее определения к месту применения. Эта цепочка строится умозрительно по уровню понимания ее экспертом, оценивающим вопрос. В приложении А ISO/IEC 17025 говорится о трех вариантах демонстрации прослеживаемости без разъяснения графического или аналитического метода этой де-

монстрации, т. е. оформление отдается на откуп специалисту-оценщику или лаборатории.

Полезный опыт демонстрации прослеживаемости содержится в действующих стандартах поверочных схем или в локальных поверочных схемах, где показан источник (основа) единицы измерений, метод и точность передачи размера вплоть до рабочих средств измерений. Если такие схемы доработать указанием неопределенности в звеньях цепочки передачи размера, то НМИ или лаборатории будет легче осуществить демонстрацию. Естественно, такие схемы должны быть официальными, утвержденными руководством лаборатории документами.

В разработанных БелГИМ «Рекомендациях по метрологическому обеспечению измерительного оборудования испытательных и калибровочных лабораторий в соответствии с политикой ILAC P10:01/2013» [12] даны примеры графического оформления схемы метрологической прослеживаемости и записей в сертификате калибровки, подтверждающих прослеживаемость.

В ISO/IEC 17025, VIM 3 и Декларации говорится о расчете неопределенности для каждого звена цепочки прослеживаемости, причем этот расчет должен быть документом, предъявляемым заказчику по его просьбе или заинтересованности, а также эксперту при оценке технической компетентности или аккредитации лаборатории. Информация о гарантированной лабораторией неопределенности измерений при испытаниях или калибровке должна быть опубликована в режиме открытого доступа на сайте лаборатории, а в области аккредитации – на сайте Органа по аккредитации. Исключение составляют НМИ, данные которых опубликованы в международной базе KCDB и, как следует из Декларации и Стандарта, являются доказанными и не требующими дополнительных оценок. В дополнение к опубликованным в KCDB СМС-данным НМИ может оказывать услуги по калибровке и иных средств измерений, получив для этого признаваемую ILAC аккредитацию. Следует подчеркнуть, что в упомянутых документах речь идет об оказываемых лабораторией или НМИ на постоянной основе услугах по калибровке и измерениям (испытаниям). Разовые работы по договорам могут выполняться без ограничений, как это установлено в примечании 2 пункта А3 Приложения А СТБ 8077-2017 [13]:

«Измерения и калибровки, охваченные СМС, должны:

- выполняться в соответствии с документированной процедурой и иметь установленный бюджет неопределенности в рамках системы менеджмента НМИ или аккредитованной лаборатории;
- выполняться регулярно (в том числе по требованию или по расписанию, разработанному для удобства выполнения измерений в определенное время в течение года);

– быть доступными для всех потребителей».

Технологии и методы расчета неопределенности разработаны в БелГИМ и установлены в СТБ 8077-2017, изложены в практическом пособии по применению СТБ 8077-2017 [14] и других методических материалах. Указанные выше документы соответствуют требованиям GUM и документам JCGM и ILAC по оценке неопределенности измерений.

Оценивая ситуацию по данному вопросу в Беларуси, следует сказать, что в республике созданы базовые условия обеспечения метрологической прослеживаемости:

– имеются НМИ, международно признанная через KCDB эталонная база и возможности калибровки на высшем уровне;

– разработаны и внедрены необходимые документы по единицам измерений, метрологической прослеживаемости, расчету неопределенности, калибровке средств измерений;

– имеется сеть аккредитованных калибровочных и испытательных лабораторий, соответствующих ISO/IEC 17025 и т. п.

Тем не менее, останавливаться на достигнутом не следует.

Для совершенствования работ, связанных с обеспечением метрологической прослеживаемости, необходимо:

– продолжать пополнение эталонной базы и поддержание ее на уровне международных требований;

– совершенствовать нормативные документы, особенно по калибровке измерительного оборудования;

– активнее пропагандировать методологию расчета неопределенности измерений применительно к главным задачам законодательной и промышленной метрологии;

– расширять номенклатуру калибруемой измерительной техники с учетом экономической целесообразности.

 *Список использованной литературы*

1. JCGM 200:2012, International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM 3).

2. Joint BIPM, OIML, ILAC and ISO Declaration on Metrological Traceability.

3. ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

4. ILAC-10:01/2013. ILAC Policy on the Traceability of Measurement Results.

5. JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM) (Оценка данных измерений – Руководство по выражению неопределенности измерений).

6. JCGM 101:2008 Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the «Guide to the expression

of uncertainty in measurement» – Propagation of distributions using a Monte Carlo method. (Оценка данных измерений – Дополнение 1 к «Руководству по выражению неопределенности измерений» – Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло).

7. JCGM 102:2011 Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» – Extension to any number of output quantities (Оценка данных измерений – Дополнение 2 к «Руководству по выражению неопределенности измерений» – Расширение для любого количества выходных величин).

8. JCGM 104:2009 Evaluation of measurement data – An introduction to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» and related documents (Оценка данных измерений – Введение к «Руководству по выражению неопределенности измерений» и сопутствующим документам).

9. JCGM 106:2012 Evaluation of measurement data – The role of Measurement uncertainty in conformity assessment (Оценка данных измерений – Роль неопределенности измерений в оценке соответствия).

10. JCGM 200:2012 International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) – 3rd edition (Международный словарь по метрологии – Основные и общие понятия и соответствующие термины).

11. CIPM. Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes. – Paris, 14 October 1999.

12. Рекомендации по метрологическому обеспечению измерительного оборудования испытательных и калибровочных лабораторий в соответствии с Политикой ИЛАК Р10:01/2013. – Минск: БелГИМ, 2017.

13. СТБ 8077-2017 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Методы оценивания неопределенности измерений при калибровках. Общие положения. – Минск: БелГИМ, 2017.

14. Практическое пособие по применению СТБ 8077-2017 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Методы оценивания неопределенности измерений при калибровках. Общие положения». Примеры оценивания неопределенности измерений при калибровках. – Минск: БелГИМ, 2017.

**Николай Адамович ЖАГОРА,**

доктор технических наук, главный специалист по метрологии и стандартизации БелГИМ;

**Лидия Евгеньевна АСТАФЬЕВА,**

ведущий инженер по метрологии производственно-методического отдела общей метрологии БелГИМ

*Дата поступления 02.12.2019*