

ЭТАЛОНЫ

Научная статья

УДК 53.089.6(006.011)

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2025-21-1-5-13>



Методика выбора способа определения интервалов между аттестациями эталонов

С. В. Медведевских  , Р. А. Тетерук 

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург, Россия
 s.v.medvedevskih@vniim.ru

Аннотация: Воспроизведение и хранение единиц величин осуществляется с помощью эталонов – средств измерений, обладающих наивысшей точностью, – наиболее значимого звена в метрологической цепи передачи единиц. Процедура аттестации эталонов единиц величин – ключевое событие, подтверждающее возможности эталонов обеспечивать точность и единообразие измерений. Решающий фактор процедуры аттестации эталонов – верное определение интервалов между аттестациями.

Генеральная линия развития законодательной базы метрологии в Российской Федерации нацелена на укрепление порядка и дисциплины в области обеспечения единства измерений. Невыполнение процедуры аттестации юридическими лицами влечет за собой значительные штрафы. Следовательно, совершенствование методик определения интервалов между аттестациями эталонов обретает все большую актуальность в современной метрологии.

Цель представленной в статье работы – решение методических проблем определения интервалов между аттестациями эталонов единиц величин. В публикации раскрыты возникающие при определении интервалов между аттестациями эталонов противоречия, а также недостатки действующего порядка аттестации и их методические причины.

В качестве решения выявленных проблем обозначены направления совершенствования существующего научно-методического аппарата определения интервалов между аттестациями. В частности, предложено дерево принятия решений как инструмент, позволяющий на основе анализа состава исходных данных выбрать один из способов определения интервалов между аттестациями.

Ключевые слова: аттестация, эталон, подтверждение соответствия, интервал между аттестациями, аттестация эталона, межаттестационный интервал, метрологическая надежность, эталон единиц величин

Принятые сокращения: МАИ – интервалы между аттестациями эталона; МКИ – интервалы между калибровками; МПИ – интервалы между поверками; СИ – средства измерений; МХ – метрологические характеристики.

Ссылка при цитировании: Медведевских С. В., Тетерук Р. А. Методика выбора способа определения интервалов между аттестациями эталонов // Эталоны. Стандартные образцы. 2025. Т. 21, № 1. С. 5–13. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2025-21-1-5-13>.

Статья поступила в редакцию 14.10.2024; одобрена после рецензирования 23.01.2025; принята к публикации 25.03.2025.

MEASUREMENT STANDARDS

Research Article

Methodology for Selecting a Method for Determining Intervals Between Certifications of Standards

Sergey V. Medvedevskikh  , Roman A. Teteruk 

D. I. Mendeleyev Institute for Metrology, St. Petersburg, Russia

 s.v.medvedevskikh@vniim.ru

Abstract: Reproduction and storage of measurement units are carried out using standards – measuring instruments with the highest accuracy, a key link in the metrological chain of transferring units. The procedure for certification of measurement standards is a key event that confirms the ability of standards to ensure the accuracy and uniformity of measurements. The key factor in the standard certification procedure is the correct definition of the intervals between certifications.

The main direction of development of the legislative base of metrology in the Russian Federation is strengthening the order and discipline in the field of ensuring the uniformity of measurements. Failure to comply with the certification procedure by legal entities entails significant fines. The improvement of methods for determining intervals between certifications of standards is becoming more relevant in modern metrology.

The purpose of the work is a solution of methodological problems of determining intervals between certifications of measurement standards. The publication reveals the contradictions that arise when determining the intervals between certifications of standards, as well as the disadvantages of the current certification procedure and their methodological reasons.

As a solution to the identified problems, directions for improving the existing scientific and methodological apparatus for determining intervals between certifications are identified. In particular, a decision tree is proposed as a tool that allows choosing one of the methods for determining intervals between certifications based on an analysis of the composition of the initial data.

Keywords: certification, standard, confirmation of conformity, interval between certifications, certification of a standard, intercertification interval, metrological reliability, measurement standard

Abbreviations used: MI – measuring instruments; MC – metrological characteristics.

For citation: Medvedevskikh S. V., Teteruk R. A. Methodology for selecting a method for determining intervals between certifications of standards. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2025;21(1):5–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2025-21-1-5-13>.

The article was submitted 14.10.2024; approved after reviewing 23.01.2025; accepted for publication 25.03.2025.

Введение

Эталон представляет собой средство или комплекс средств измерений, предназначенных для воспроизведения или хранения шкалы или единицы величины и передачи ее размера подчиненным средствам. В Российской

Федерации эталоны утверждены официальными законодательными актами.

Представляется необходимым обосновать соответствие темы описанной в настоящей статье работы основополагающим для метрологии нормативным документам.

В соответствии со статьей 7 Федерального закона № 102-ФЗ¹ порядок утверждения и содержания государственных первичных эталонов устанавливает Правительство РФ. Во исполнение указанной статьи Правительство РФ в Постановлении № 734² определяет порядок:

- установления обязательных требований к эталонам;

- оценки их соответствия требованиям;
- передачи единиц от государственных эталонов;
- утверждения, содержания, сличения и применения государственных первичных эталонов.

Приказ № 379³ регламентирует для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей необходимые для разработки нормативных документов в области обеспечения единства измерений процедуры аттестации и утверждения эталонов. Невыполнение процедуры аттестации юридическими лицами влечет за собой значительные штрафы.

Вопросы аттестации эталонов и определения МАИ отражены в ряде работ [1–3]. При определении МАИ может быть назначен завышенный МАИ, в течение которого метрологические характеристики эталона могут выйти за предельные значения. И наоборот, может быть назначен заниженный МАИ, что приведет к излишним затратам на поверку или аттестацию эталона. Однако тяжесть последствий от выхода значений нормированных МХ эталона за предельные значения в период МАИ может быть значительно выше, чем у СИ. Связано это с тем, что при передаче единицы от эталона в соответствии с Государственной поверочной схемой нижестоящим эталонам и СИ появляются как ошибочные отбраковки метрологически исправных СИ или эталонов, так и ошибочное признание работоспособным СИ или

эталона, МХ которого уже вышли за заданные пределы. Перечисленные факторы приводят к тому, что показания значительного числа СИ и эталонов становятся недостоверными.

Цель представленной в статье работы – устранение методических проблем определения МАИ эталонов единиц величин.

Предполагается решить ряд задач:

- раскрыть возникающие при определении МАИ противоречия, недостатки действующего порядка аттестации и их методические причины;

- сформулировать предложения по совершенствованию существующего научно-методического аппарата определения МАИ для решения выявленных проблем;

- обозначить направления совершенствования;

- разработать так называемое дерево принятия решений в качестве инструмента, позволяющего организаторам процедуры аттестации на основе анализа состава исходных данных выбрать один из способов определения МАИ.

Материалы и методы

Исследование опирается на действующие в Российской Федерации нормативно-правовые документы, регламентирующие порядок аттестации и применения эталонов: Постановление Правительства РФ № 734, Приказ Минпромторга России № 456⁴. Однако определяющий порядок назначения и корректировки межповерочных интервалов эталонов ГОСТ 8.565–99⁵ не соответствует терминологии и требованиям современных

¹ Об обеспечении единства измерений : Федеральный закон № 102-ФЗ от 26.06.2008.

² Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений : Постановление Правительства Российской Федерации № 734 от 23 сентября 2010 г.

³ Об утверждении временного порядка аттестации и утверждения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений : Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 379 от 31 мая 2012 г.

⁴ Об утверждении требований к содержанию и построению государственных поверочных схем и локальных поверочных схем, в том числе к их разработке, утверждению и изменению, требований к оформлению материалов первичной аттестации и периодической аттестации эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, формы свидетельства об аттестации эталона единицы величины, требований к оформлению правил содержания и применения эталона единицы величины, формы извещения о непригодности эталона единицы величины к его применению : Приказ Минпромторга Российской Федерации № 456 от 11 февраля 2020 г.

⁵ ГОСТ 8.565–99 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок установления и корректировки межповерочных интервалов эталонов.

нормативно-правовых документов и требует существенной переработки.

Существующий научно-методический аппарат определения МАИ изложен в РМГ 74–2004⁶ и успешно применяется инженерами-метрологами. Тем не менее, для него характерен ряд недостатков, главный из которых – необходимость использования исходных данных, значения которых, как правило, недоступны при первичной аттестации эталона. Так, для определения МАИ по экономическому критерию требуются, например, значения ошибок первого и второго рода при передаче единицы от эталона нижестоящим эталонам и СИ. Такая информация далеко не всегда может быть получена, тем более – при первичной аттестации эталона. Отчасти этих недостатков лишены методы определения МКИ⁷. Однако эти методы предполагают наличие достаточно большого объема данных о проведенных калибровках, а точнее – об определенных при калибровках выходах МХ эталонов за установленные пределы. То есть все эти методы основаны на обработке ряда наблюдений в течение времени, представляющих из себя бинарные данные («в допуске» или «не в допуске»). Более того, они ориентированы на корректировку МКИ, а не на определение начального МКИ.

Другая не решенная РМГ 74–2004 проблема – определение МАИ эталона, который имеет в своем составе СИ с МПИ ниже или выше, чем предполагаемый МАИ этого эталона. Между тем, если точностные характеристики входящего в состав эталона СИ избыточны, периодическую аттестацию эталона не обязательно проводить не реже, чем МПИ этого СИ. И наоборот, поверку СИ и аттестацию эталона нужно проводить чаще, чем установленный для СИ МПИ, если влияние МХ этого СИ на МХ эталона является значительным.

⁶ РМГ 74–2004 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений.

⁷ RP-1. Establishment and adjustment of calibration intervals. recommended practice RP-1. National conference of standards laboratories international calibration interval committee, 2010.

Кроме того, никак не описаны критерии, которые эксплуатирующее эталон лицо может положить в основу решения о внеплановой аттестации или техническом обслуживании, хотя зачастую все исходные данные для принятия такого решения есть.

Также необходимо отметить, что из всего предложенного научно-методического аппарата наиболее востребован метод определения МАИ на основе данных о функциональной надежности эталона (средней наработке на отказ). Это обусловлено тем, что изготовители эталонов не всегда проводят испытания на определение стабильности, в связи с чем при аттестации эталонов могут отсутствовать данные для определения МАИ по каким-либо другим методам. К тому же экономические показатели эксплуатации эталона также заранее могут быть неизвестны. Как следствие, наименее точный метод определения МАИ (ввиду известных отличий показателей функциональной надежности от показателей метрологической надежности) является наиболее применимым на практике.

Для разрешения указанного противоречия предлагается совершенствовать существующий научно-методический аппарат определения МАИ в описанных ниже направлениях.

1. Разработать способы определять первичный МАИ эталона в условиях ограниченного набора исходных данных.

2. Разработать способ эксплуатирующему эталон лицу обоснованно принимать решения о внеплановом техническом обслуживании или внеплановой аттестации эталона.

3. Разработать способ при определении МАИ учесть степень влияния МХ СИ, входящих в состав эталона, на МХ эталона.

4. Разработать методику выбора способа определения МАИ на основе анализа состава исходных данных.

Одновременно при разработке необходимо учитывать следующие факторы и ограничения:

– для применения способов определения МАИ должно быть достаточно квалификации инженера-метролога, какие-либо специальные требования не должны предъявляться;

– научно-методический аппарат должен обеспечивать возможность определения как начального, так и последующих МАИ при любом наборе исходных данных.

Учитывая указанные ограничения и проблемы, представляется логичным в ходе совершенствования научно-методического аппарата определения МАИ обеспечить в зависимости от целей, задач и исходных данных возможность применения как существующих, так и разрабатываемых методов определения МАИ. В связи с этим предлагается включить в методологию определения МАИ:

- методы, описанные в РМГ 74–2004;
- ряд методов, описанных в РР-1;
- новые разработанные методы.

Существующие и разработанные методы определения МАИ включают практически весь спектр задач, решаемых при определении МАИ. Однако для удобства их выбора и применения целесообразно разработать методику, по которой проводящее аттестацию эталона лицо сможет определить метод или набор методов, исходя из состава и полноты исходных данных, а также целей и задач определения МАИ.

Результаты и обсуждение

Структурируем методы определения МАИ и исходные данные для их применения.

1. Определение МАИ на основе принципа минимизации суммарного риска эксплуатации:

- а) стоимость аттестации;
- б) стоимость ущерба от неисправного эталона;
- в) нестабильность эталона.

2. Анализ уравнения измерений и составляющих погрешностей (неопределенностей): уравнение измерений.

3. Структурный анализ и определение вклада структурных элементов в погрешности:

- а) информация о структуре эталона (элементах, из которых он состоит, и их взаимосвязях);
- б) информация о метрологической и (или) функциональной надежности элементов эталона.

4. Статистические методы:

- а) периодическая информация об изменении МХ эталона (информация о поверках, калибровках, градуировках эталона);
- б) информация о метрологических отказах эталона.

5. Методы теории разладки при периодическом наблюдении МХ: оперативная информация об изменении наблюдаемых метрологических или технических характеристик эталона.

6. Определение МАИ на основе показателей функциональной надежности: средняя наработка на отказ.

Для удобства пользователя целесообразно методику выбора метода определения МАИ на основе анализа состава исходных данных выразить в виде дерева принятия решения [4–5] (рис. 1–4). Предложенный подход позволяет пользователю выбрать метод или методы определения МАИ, основываясь на его целях и составе исходных данных.

Заключение

Отписанная в статье методика положена в основу разрабатываемого в настоящее время ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» проекта нормативного документа, содержащего общие требования к аттестации эталонов и определению МАИ. В данном документе предлагаются методы и алгоритмы решения указанных выше задач. Кроме того, данный документ разъясняет положения нормативно-правовых актов Российской Федерации и предназначен для использования аккредитованными на поверку, калибровку и испытания СИ лабораториями в Российской Федерации.

Благодарности: Исследование проводилось на производственно-научной базе ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Acknowledgments: The study was conducted at the research and scientific base of the D. I. Mendeleyev Institute for Metrology.

Вклад соавторов: Авторы внесли равный вклад в работу.

Contribution of the authors: Авторы внесли равный вклад в работу The authors contributed equally to the paper.

Конфликт интересов: Медведевских С. В. является главным редактором журнала «Эталоны. Стандартные образцы», но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Авторы являются сотрудниками учредителя журнала. Однако при написании рукописи статьи авторы руководствовались соображениями научной ценности полученного материала и заявляют

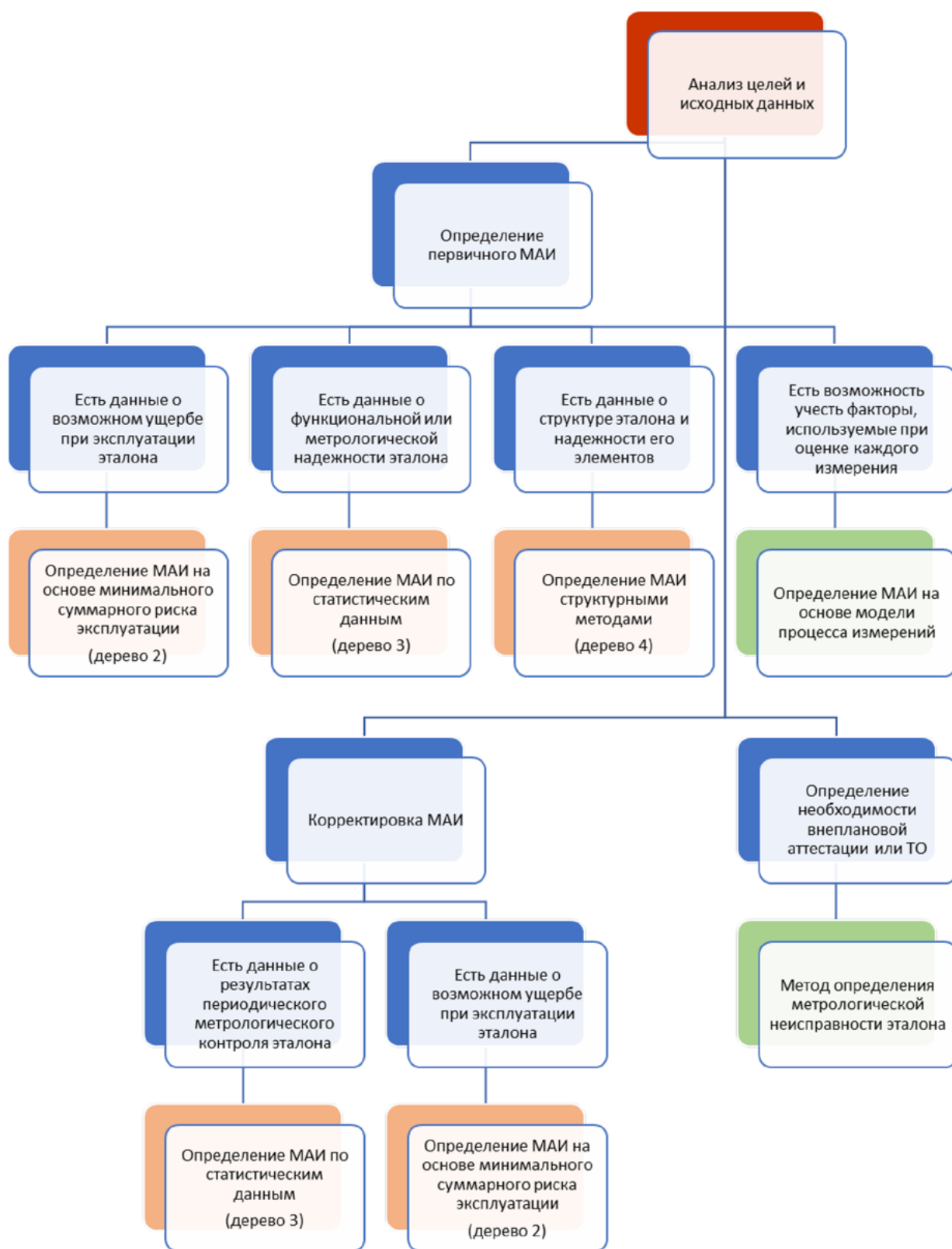


Рис. 1. Дерево выбора метода определения МАИ

Fig. 1. The selection tree of the method for determining the interval between certifications

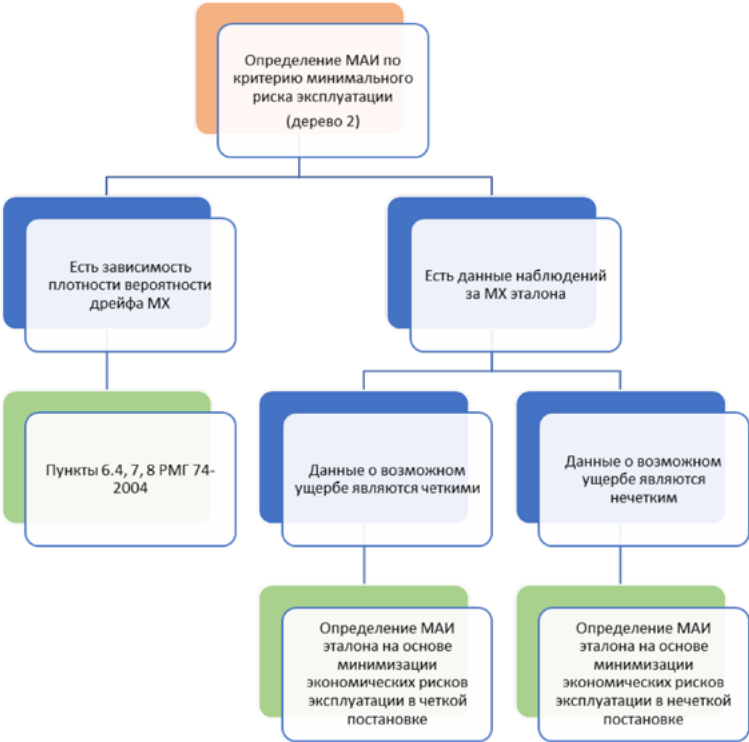


Рис. 2. Дерево выбора метода определения МАИ по критерию минимального риска эксплуатации
Fig. 2. The selection tree of the method for determining the interval between certifications based on the criterion of minimum risk of operation



Рис. 3. Дерево выбора метода определения МАИ по статистическим данным
Fig. 3. The selection tree of the method for determining the interval between attestations based on statistical data



Рис. 4. Дерево выбора метода определения МАИ структурными методами

Fig. 4. The selection tree of the method for determining the interval between certifications by structural methods

о беспристрастности оценки полученных данных. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of interest: Medvedevskikh S. V. is the editor-in-chief of the journal «Measurement Standards. Reference Materials», but this has nothing to do with the decision to publish this article. The article has undergone the peer review procedure adopted by the journal. The authors are employees of the journal's founder. However, the authors were guided by reasons of the scientific

value of the obtained material and declare the impartiality of the assessment of the obtained data. The authors declared no other conflicts of interest.

Финансирование: Статья подготовлена во исполнение Государственного контракта № ГК 120–61/2024 в рамках работ по НИР «Аттестация».

Funding: The article was prepared in pursuance of State Contract No. GK 120–61/2024 as part of the research work «Certification.»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дорохов А., Гончаров А. Выбор оптимального по критерию готовности интервала между аттестациями эталона // Информация и космос. 2019. № 3. С. 89–92.
2. Горюнова С. М., Хамраева Д. К., Сопин В. Ф. Организация процедур аттестации и утверждения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 16. С. 236–239.
3. Кобитович К. Я. Проведение первичной и периодической аттестации государственных эталонов // Новая наука: техника и технологии : Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции, Уфа, 17 февраля 2017 г. Стерлитамак : АМИ, 2017. 131 с.
4. von Winterfeldt D., Edwards W. «Decision trees». Decision Analysis and Behavioral Research. Cambridge : University Press, 1986. P. 63–89.
5. Абдулов П. В. Введение в теорию принятия решений. М. : Книга по Требованию, 2013. 188 с.

REFERENCES

1. Dorokhov A., Goncharov A. The choice of the interval between certification of the standard, optimal by the criterion of availability. *Information and space*. 2019;3:89–92. (In Russ.).
2. Goryunova S. M., Khamraeva D. K., Sopin V. F. Organization of procedures for certification and approval of measurement standards used in the sphere of state regulation of assurance of measurement uniformity. *Vestnik Kazan National Research Technological University*. 2012;16:236–239. (In Russ.).
3. Kobitovich K. Я. Carrying out primary and periodic attestation of state standards. In: *Novaya nauka: tekhnika i texnologii : International scientific periodical on the results of the International Scientific and Practical Conference*, Ufa, 17 February 2017. Sterlitamak: AMI; 2017. 131 p. (In Russ.).
4. von Winterfeldt D., Edwards W. “Decision trees”. *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge: University Press; 1986. P. 63–89.
5. Abdulov P. V. Introduction to the Theory of Decision Making. Moscow: Kniga po Trebovaniyu; 2013. 188 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Медведевских Сергей Викторович – канд. техн. наук, руководитель отделения механических измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: s.v.medvedevskikh@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3084-1612>

Тетерук Роман Анатольевич – канд. техн. наук, руководитель научно-исследовательского отдела госэталонов в области измерений давления ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
190005, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 19
e-mail: r.a.teteruk@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8057-5220>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergej V. Medvedevskikh – Cand. Sci. (Eng.), head of mechanical measurements department, D. I. Mendeleyev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: s.v.medvedevskikh@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3084-1612>

Roman A. Teteruk – Cand. Sci. (Engin.), Head of the Research Department of State Measurement Standards in the field of pressure measurements, D. I. Mendeleyev Institute for Metrology
19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia
e-mail: r.a.teteruk@vniim.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8057-5220>