МЕТОДИКА ЗАДАНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В ЦЕПИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

Миралиева Азиза Каюмовна

Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций в городе Ташкенте

E-mail: aziza.miraliyeva5927@gmail.com

Аннотация. В статье предложена усовершенствованная методика задания периодичности калибровки средств измерений в цепи метрологической прослеживаемости физико-химических величин. На основе анализа действующих нормативных документов и запатентованных решений (ГОСТ 8.565–99, РМГ 74–2004 и др.) показано, что существующие подходы ограничены применением главным образом к эталонным и образцовым средствам измерений, не обеспечивают систематизированного учёта нестабильности, а также не учитывают составляющие неопределённости по типу В. Разработан способ непрерывного контроля метрологической исправности интеллектуального средства измерений на базе ёмкостного преобразователя с чувствительным элементом, имеющим части с различной чувствительностью к дестабилизирующим факторам. Для обработки результатов используется метод наименьших квадратов, позволяющий оценивать линейность распределения погрешности по всему диапазону измерений и формировать диагностический параметр, по которому принимается решение о самокоррекции результата либо о необходимости калибровки. Показано, что применение предложенной методики в цепи метрологической прослеживаемости физико-химических величин позволяет обоснованно увеличивать межкалибровочные (межповерочные) интервалы, снижать затраты на калибровку, уменьшать простои оборудования и одновременно повышать метрологическую надёжность и достоверность результатов измерений.

Ключевые слова: метрологическая прослеживаемость; межкалибровочный интервал; межповерочный интервал; интеллектуальное средство измерений; физико-химические величины; метод наименьших квадратов; метрологическая исправность; ёмкостной влагомер.

Аннотация. Мазкур мақолада физик-кимёвий катталиклар бўйича метрологик изчанлик занжирида қўлланиладиган ўлчаш воситаларининг калибрлаш даврийлигини белгилаш методикаси такомиллаштирилган. Амалдаги меъёрий ҳужжатлар ва патентлашган ечимлар (ГОСТ 8.565–99, РМГ 74–2004 ва бошқалар) таҳлили шуни кўрсатадики, мавжуд усуллар, асосан, эталон ва намунавий ўлчаш воситаларига қўлланилади, ўлчаш

ISSN 3030-3907

воситалари нестабиллигини тизимли ҳисобга олишни тўлиқ таъминламайди ҳамда калибрлаш оралиқларини белгилашда B турдаги ноаниқлик компонентлари инобатга olinмайди. Тақдим этилган усул интеллектуал ўлчаш воситасининг метрологик яроқлилигини эксплуатация жараёнида узлуксиз назорат қилишга асосланади. Бунда дестабиллаштирувчи омилларга турлича сезгирликка эга бўлган қисмлардан ташкил топган сиғимли сезгир элемент қўлланилади. Ўлчаш натижалари бутун ишчи диапазонда хато тақсимотининг чизиқлилигини баҳолаш ва диагностик кўрсаткични шакллантириш мақсадида энг кичик квадратлар усули ёрдамида қайта ишланади. Мазкур диагностик кўрсаткич ҳаволага кўра натижани автоматик тузатиш ёки навбатдаги калибрлашга эҳтиёж тўғрисида қарор қабул қилинади. Тадқиқот натижаларидан кўриниб турибдики, таклиф этилаётган методика метрологик изчанлик занжирида межкалибровка (межповерка) интерваллари асосли равишда узайтириш, калибрлаш ва жиҳозлар туриб қолиш харажатларини камайтириш ҳамда ўлчаш натижаларининг ишончлилигини оширишга хизмат қилади.

Калит сўзлар: метрологик изчанлик; межкалибровка интервали; межповерка интервали; интеллектуал ўлчаш воситаси; физик-кимёвий катталиклар; энг кичик квадратлар усули; метрологик яроқлилик; сиғимли намлик ўлчагич.

Abstract. The paper presents an improved methodology for setting the calibration periodicity of measuring instruments within the metrological traceability chain of physicochemical quantities. A critical review of current standards and patented solutions (including GOST 8.565–99 and RMG 74–2004) shows that existing approaches are mainly limited to reference standards, do not provide a systematic procedure for collecting reliable instability data, and generally ignore type-B uncertainty components when establishing recalibration intervals. The proposed method implements continuous monitoring of the metrological performance of an intelligent measuring instrument based on a capacitive sensor whose sensitive element is divided into parts with different sensitivity to destabilizing factors. Measurement data are processed using the least-squares method to assess the linearity of error distribution over the entire measuring range and to form a diagnostic parameter that serves as a decision criterion for either automatic self-correction of the result or triggering a new calibration. Application of the proposed methodology in the metrological traceability chain of physicochemical measurements makes it possible to reasonably extend recalibration intervals, reduce calibration and downtime costs, and at the same time increase metrological reliability and the credibility of measurement results.

ISSN 3030-3907

Keywords: metrological traceability; calibration interval; recalibration interval; intelligent measuring instrument; physicochemical quantities; least-squares method; metrological performance; capacitive hygrometer.

Введение

В современном мире точность и надежность измерений играют ключевую роль в различных областях, включая сферу государственного метрологического контроля и надзора. Определение и изменение межкалибровочных интервалов в процессе эксплуатации средств измерений становится важным аспектом обеспечения качества и точности измерений физических величин. В данной статье представлен новый метод, который предназначен для оптимизации временных интервалов между калибровками, призванный улучшить метрологическую прослеживаемость и повысить качество измерений. Данная работа проводит анализ существующих методов и выявляет их недостатки, а также предлагает эффективное решение для оптимизации процесса установления межкалибровочных интервалов.

В современной метрологии ключевым вопросом является определение и коррекция межкалибровочных интервалов в процессе использования измерительных устройств. Перед тем, как представить новый способ определения и изменения межкалибровочных интервалов, проанализируем ранее известные, запатентованные методы и рассмотрим их недостатки.

Известный способ [1] распространяется на эталоны государственных метрологических служб стран - участниц Соглашения о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации и эталоны метрологических служб юридических лиц этих стран, которым государственной метрологической службой в установленном порядке предоставлено право поверки средств измерений. Для них разработан единый порядок установления и корректировки межповерочных интервалов эталонов с целью обеспечения единства измерений.

Данный способ имеет следующие недостатки:

– способ предназначен только для образцовых средств измерений и эталонов, и не допускается к применению для рабочих измерительных приборов, используемых в производственных процессах или в испытательных лабораториях;

- отсутствует систематизированный подход к сбору достоверной информации о нестабильности измерительных устройств, что мешает обоснованному определению межповерочных (межкалибровочных) интервалов. Для установления исходной информации требуется большое количество времени и доступ к ограниченным достоверным источникам опорных значений. Это связано с необходимостью использовать протоколы

ISSN 3030-3907

исследовательских испытаний на стабильность, которые определяют доверительные границы показателей нестабильности эталона за заданный период времени, а также протоколы испытаний на надёжность, устанавливающие доверительные границы показателей метрологической надёжности эталона. На основе этих данных необходимо проводить расчёт показателей метрологической надёжности для определения межповерочного (межкалибровочного) интервала.

− последующие значения межповерочного (межкалибровочного) интервала определяются путем корректировки первого интервала с учетом всех результатов проведенных поверок или калибровок большого числа однотипных измерительных приборов. Практическая реализация данного подхода ограничена из-за малого число эталонов;

− критерии установления межповерочных и межкалибровочных интервалов не предусматривают неопределённости средства измерений (неопределённость по типу В).

Известный способ [2] распространяется на средства измерений (СИ), в том числе рабочие СИ, первичные, вторичные и рабочие эталоны (образцовые СИ), подлежащие поверке или калибровке. В данном способе представлены методы определения межповерочных, межкалибровочных интервалов, основанные на предположении о непрерывном измерении метрологических характеристик измерительных устройств в процессе их эксплуатации или хранения с конечной случайной скоростью.

Недостатки данного способа следующие:

− определение межкалибровочного интервала осуществляют на основании моделирования зависимости показателей точности или метрологической надежности средства измерений от времени, прошедшего с момента последней поверки. Практическая реализация данного подхода ограничена и имеются методические погрешности (неопределённости) из-за несовершенства математического моделирования метрологических характеристик;

− метрологический самоконтроль осуществляется с использованием принятого опорного значения, формируемого с помощью встроенного средства (измерительного преобразователя или меры) или выделенного дополнительного параметра выходного сигнала и при оценке метрологических характеристик не охватывает все нормированные диапазоны измерительного прибора;

− расчетные зависимости для оценивания критериев установления межповерочных и межкалибровочных интервалов ограничены из-за нехватки исходной информации о доверительных границах нестабильности средства измерений;

ISSN 3030-3907

– отсутствуют порядок сбора информации и способа проверки достоверности о результатах испытаний комплектующих элементов, существенно влияющих на нестабильность СИ в целом (измерительные преобразователи, опорные элементы систем компенсации погрешности при автоматической калибровке и др.), либо информация о их нестабильности или надежности, содержащаяся в технических документах или паспортах на эти элементы;

– отсутствуют порядок сбора и способа проверки достоверности, а также точности исходных данных о характеристиках нестабильности комплектующих элементов;

– критерии установления межповерочных и межкалибровочных интервалов не предусматривают неопределённости средства измерений (неопределённость по типу В).

В известном способе [3] в чувствительном элементе измерительного преобразователя выделяют части, имеющие различную чувствительность к фактору, влияющему на метрологическую исправность преобразователя, а в процессе эксплуатации периодически измеряют значения сигналов от этих частей и по ним судят о метрологической исправности преобразователя. Устройство для осуществления способа представляет собой измерительный преобразователь давления или температуры. Оно использует чувствительный элемент, части которого имеют различную чувствительность к влияющему на метрологическую исправность преобразователя фактору. Преобразователи сигналов с этих частей чувствительного элемента подключены к блоку измерения и контроля, что позволяет проводить контроль метрологической исправности измерительного преобразователя непосредственно в процессе его эксплуатации.

Недостатки данного способа следующие:

– критерии установления межповерочных и межкалибровочных интервалов не предусматривают неопределённости средства измерений (неопределённость по типу В);

– оценка метрологической исправности не охватывает всех диапазонов измерительного прибора;

– не рассмотрены способы оценки линейности градуировочной зависимости от опорной градуировочной зависимости или отличия текущей дополнительной зависимости от опорной дополнительной зависимости;

– не обоснована достоверность значения опорных величин. Так как сведения о стандартных образцах включают в себя опорные значения или поправочные коэффициенты, то лаборатория должна обеспечить обновление

ISSN 3030-3907

опорных значений и поправочных коэффициентов и применение их должным образом в соответствии с установленными требованиями.

Известен способ [4], согласно которому в процессе эксплуатации периодически определяются значения измеряемой величины и соответствующие им текущие значения контролируемого параметра средства измерений. Полученные значения контролируемого параметра сравниваются с принятым опорным значением. Каждое полученное значение измеряемой величины и соответствующее ему текущее значение контролируемого параметра регистрируется.

Далее вычисляются разности между последним полученным значением измеряемой величины и ее предыдущими значениями. Для тех значений измеряемой величины, разность которых превышает утроенную допускаемую погрешность измерений, сравниваются соответствующие им текущие значения контролируемого параметра.

На основании результатов этого сравнения делается вывод о метрологической исправности интеллектуального средства измерений.

Недостатки данного способа следующие:

− отсутствует информация о метрологической прослеживаемости образцового измерительного прибора, необходимая для установления калибровочного процесса измерений;

− Если значения опорных величин и данные о стандартных образцах не имеют достаточного обоснования, то лаборатория должна обеспечить, чтобы применяемые опорные значения и поправочные коэффициенты регулярно обновлялись и использовались надлежащим образом, в соответствии с установленными требованиями.

Известный способ [5] для контроля метрологической исправности с использованием измерительного температурного преобразователя содержит терморезистивный чувствительный элемент, выполненный из частей, имеющих различную чувствительность к фактору, влияющему на метрологическую исправность измерительного преобразователя температуры, и блок измерения и контроля, входы которого соединены с соответствующими частями чувствительного элемента. Одна из частей чувствительного элемента выполнена из нескольких, преимущественно из двух, параллельно соединенных проводников. Суммарные площади поперечных сечений частей чувствительного элемента соизмеримы друг с другом. Технический результат: повышение достоверности коррекции результата измерений температуры непосредственно в процессе эксплуатации и возможность увеличения межкалибровочного интервала.

Недостатки данного способа следующие:

ISSN 3030-3907

– данный способ предназначен только для измерительных преобразователей температуры с контролем метрологической исправности;

- отсутствует порядок обновления опорных значений, существуют ограничения на интеллектуализацию, возможности автоматизации непосредственно в процессе эксплуатации и достоверное осуществление коррекции характеристики преобразователя.

– не учтены технологические причины ухудшения метрологических свойств средств измерений, в том числе связанные с недостаточной механической прочностью и жесткостью конструкции.

Целью данного исследования является увеличение предельного значения межкалибровочного интервала интеллектуального средсва измерений с примением метода наименьших квадратов для оценки линейности распределения погрешности во всем диапазоне измерения, а также автоматическое прогнозирование метрологической исправности.

Обеспечение возможности реализации с практической точки зрения непрерывного контроля метрологической исправности интеллекттуального средства измерений в процессе его эксплуатации, без прерывания штатных измерений, является техническим результатом данного исследования.

Недостоверные измерительные данные, получаемые от интеллектуального измерительного устройства, могут привести к принятию некорректных решений, что негативно отразится на контроле и самоконтроле устройства, а также на оценке его метрологической исправности. Это может затруднить принятие правильных решений и уменьшить достоверность результатов измерений, полученных с использованием метода наименьших квадратов

Кроме того, проведение самокоррекции возможно только при положительных результатах поверки измерительного средства, что характеризуется появлением основания для увеличения межповерочного интервала интеллектуального средства измерений и создается возможность автоматического прогнозирования метрологической исправности.

Исследования [6-14] показывают, что в цепи метрологической прослеживаемости физико-химических величин в прикладной метрологии имеется острая необходимость в исследованиях и внедрении способов по оптимизации межкалибровочных интервалов средств измерений с учётом действительных метрологических свойств в условиях эксплуатации.

Для достижения поставленной цели и технического результата необходимо обеспечивать метрологическую исправность интеллектуального измерительного устройства. Это включает в себя регулярное определение контролируемого параметра и измеряемых значений во время использования

ISSN 3030-3907

прибора, а также сопоставление значений контролируемого параметра, полученного на основании результатов измерений с последующей обработкой методом наименьших квадратов. Также проводится оценка линейности распределения погрешности по всему диапазону измерений путем сравнения значений контролируемого параметра, полученных с применением метода наименьших квадратов.

При этом для каждого полученного значения фиксируется соответствующее ему текущее значение контролируемого параметра. Затем производится коррекция измеряемого параметра с использованием интегрального устройства до среднеквадратического значения. После этого вычисляется разность между ранее полученным результатом и последним значением измеряемой величины. Если эта разность превышает предельно допустимую погрешность измерений, то по результатам сравнительной оценки этих значений определяется метрологическая исправность интеллектуального средства измерений. Это является важным преимуществом и отличием от ранее описанных способов определения метрологической исправности.

Заявленный способ контроля метрологической исправности интеллектуального средства измерений (ИСИ) осуществляется на примере интеллектуального средства измерений физико-химических величин.

На этапе разработки ИСИ с использованием расчетно-аналитических методов, анализа экспериментальных исследований и испытаний определяют предельное значение погрешности измерений. В чувствительном емкостном элементе устройства выделяет части, имеющие разную чувствительность к фактором, порождающим критическую составляющую погрешности. При этом опорная критическая зависимость определяется аналитическим методом.

Рассмотрим случай, при котором в ёмкостном элементе выделяют две части, у которых выходные сигналы имеют различную степень чувствительности к дестабилизирующим факторам, которые влияют на метрологическую исправность ИСИ. Эти выходные сигналы, описывающие градуировочные характеристики, определяются соответственно, уравнениями

$$U_1 = f_1(W, \beta) \text{ и } U_2 = f_2(W, \beta), \qquad (1)$$

где, W− влажность измеряемой среды (входная величина);

β − величина, которая влияет на метрологическую исправность ИСИ;

U_1 и U_2 −выходные сигналы емкостных преобразователей.

ISSN 3030-3907

Частное дифференцирование от U_1 и U_2 по β определяет различную относительную чувствительность к факторам, влияющим на метрологическую исправность ИСИ, то есть

$$\frac{\partial U_1}{\partial \beta} \neq \frac{\partial U_2}{\partial \beta} \text{ или } \frac{\partial U_1}{U_1 \partial \beta} \neq \frac{\partial U_2}{U_2 \partial \beta}. \quad (2)$$

Известно, что при длительной работе емкостного преобразователя на точность измерения влияют следующие дестабилизирующие факторы:

1) изменение температуры окружающей среды; 2) увеличение утечки прямого тока между электродами емкостного преобразователя; 3) изменение плотности влажного материала и другие.

Эти факторы приведут к возникновению дополнительной аддитивной составляющей погрешности и изменяют текущую диагностическую зависимость относительно опорной диагностической зависимости:

$$U_1 = U_1^1 + \delta_1 \quad (3)$$

$$U_2 = U_2^1 + \delta_2 \quad (4)$$

или

$$\eta_c = \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_1^1 + \delta_1}{U_2^1 + \delta_2} = \text{f(w)}, \quad (5)$$

где δ_1 и δ_2- дополнительные аддитивные погрешности.

При первичной калибровке измеряют значение выходных сигналов от выделенных частей емкостного чувствительного элемента в рабочем диапазоне измеряемой величины W, т.е. опорную градировочную зависимость $U_{10}(W)$ и опорную дополнительную зависимость $U_{20}(W)$. По ним определяют опорное значение η_0 контролируемой величины η, которое устанавливают в качестве принятого опорного значения контролируемой величины. Контролируемая величина η может вычисляться разными способами: как разность выходных сигналов U_1 и U_2 от выделенных частей и как их отношение.

Теперь рассмотрим случай, когда контролируемая величина выбрана таким образом, что её значения не зависят от значений измеряемой величины.

В процессе работы ИСИ периодически измеряют выходные сигналы $U_{1\text{изм}}(W)$ и $U_{2\text{изм}}(W)$ от выделенных частей емкостного чувствительного элемента. С использованием обоих сигналов $U_{1\text{изм}}(W)$ и $U_{2\text{изм}}(W)$ осуществляют контроль метрологической исправности ИСИ в следующих позициях:

1. При измерении значения выходных сигналов $U_{1\text{изм}}(W)$ и $U_{2\text{изм}}(W)$ используют текущее значение контролируемой величины $\eta(U_{1\text{изм}})$ и сравнивают его с опорным значением η_0, если

$$|\eta(U_{1\text{изм}}) - \eta_0| < \eta_{\text{доп}}, \quad (6)$$

ISSN 3030-3907

где $\eta_{доп}$–допускаемый предел отклонения контролируемой величины от принятого опорного значения.

При соблюдении выражения (6) ИСИ признается метрологически исправным и его эксплуатация продолжается. Отметим, что при этом среднеквадратическое отклонение не превышает границу допускаемых отклонений (рис.1), так как обрабатывающее устройство автоматически вычисляет статическую характеристику, то есть σ(t) с использованием метода наименьших квадратов.

2. Вторая позиция заключается в том, что сравниваются, по крайней мере, два текущих значения $W_{1изм}$ и $W_{2изм}$ контролируемой величины. Если при $W_{1изм} \neq W_{2изм}$, выполняется условие

$$|W_{1изм} - W_{2изм}| > 3\Delta W_{доп},$$

где $\Delta W_{доп}$ – допускаемая погрешность измерений, то выполняется неравенство, отвечающее общепринятым метрологическим нормам (см. Шишкин, И.Ф. Теоретическая метрология. Ч.I. Общая теория измерений: учеб-метод. Комплекс (учеб. Пособие), 3-е изд., перераб. И доп., / И.Ф.Шишкин.-СПб.: изд-во СЗТУ, 2008.-стр.138).

Исходя из этого, вычисляют разность последнего полученного значения измеряемой величины $W_{1изм}$ и предыдущих значений.

Если разница между предпоследним значением величины $W_{2изм}$ и последним значением $W_{1изм}$ больше, чем на $3\Delta W$доп,, то сравнивают текущие значение величины $\eta(W_{1изм})$ и $\eta(W_{2изм})$, соответствующие выбранным значениям $W_{1изм}$ и $W_{2изм}$.

Если соблюдается неравенство $\eta(W_{1изм}) - \eta(W_{2изм}) < \eta$ доп,

где η доп - допускаемый предел отклонения контролируемой величины, то принимают решение, что текущая диагностическая зависимость соответствует опорной диагностической зависимости.

Если соблюдается неравенство $\eta(W_{1изм}) - \eta(W_{2изм}) > \eta_{доп}$, то принимают решение, что текущая диагностическая зависимость не соответствует опорной и, следовательно, результат метрологического самоконтроля не является достоверным. При этом наблюдается выход среднеквадратического отклонения за границу допускаемых отклонений (рис 2).

Представленное устройство – интеллектуальное средство измерения влажности с контролем метрологической исправности (рис.3) содержит емкостной чувствительный к влажности элемент 1, состоящий из двух конденсаторных емкостных преобразователей 2 и 3, имеющих различную чувствительность к дестабилизирующему фактору, влияющему на метрологическую исправность емкостного измерительного

ISSN 3030-3907

преобразователя, идентичные измерительные генераторы 4 и 5, многоканальный детектор 6, микропроцессор 7, предназначенный для измерения и обработки сигналов емкостных преобразователей, цифровой индикатор 8, блок запоминания обработки 10 и стабилизированный двухполярный источник постоянного напряжения 9 на выходное напряжение ±5 B.

Принцип работы емкостного интеллектуального влагомера заключается в том, что при изменении влажности измеряемой среды меняется емкость конденсаторных преобразователей 2 и 3, что приводит к возбуждению колебательных контуров измерительных генераторов 4 и 5 и в результате на выходе генераторов формируются переменные сигналы. Они детектируется с использованием многоканального детектора 6. Нагрузкой детектора является блок измерения и контроля. Далее сигнал подаётся на вход блока 10, где сигнал запоминается и обрабатывается. Элементы измерительного тракта интеллектуального влагомера обеспечиваются стабильным постоянным напряжением с использованием стабилизатора двухполярного источника питания.

При первоначальной калибровке определяют опорное значение контролируемой величины η_0 и устанавливают его в качестве принятого опорного значения. В процессе эксплуатации при воздействии влажности материала емкость преобразователей 2 и 3 изменяется. Электрические сигналы через детектор подаются на вход блока измерения и контроля.

Измеряют значение влажности W_1 и вычисляют соответствующее ему текущее значение контролируемой величины $\eta(W_1)$. Измеренное значение влажности W_1 и соответствующее ему текущее значение контролируемой величины $\eta(W_1)$ поступает на блок 10 для запоминания и обработки, где сохраняется для дальнейшего использования.

Текущее значение контролируемой величины $\eta(W_1)$ сравнивают с последним измеренным значением влажности W_1, начиная с ближайших к W_1, а также со значениями влажности, измеренными ранее и хранящимся в блоке 10 запоминания и обработки, затем определяют W_2. При этом справедливо следующее неравенство;

$$|W_1 - W_2| > 3\Delta W_{\text{доп}},$$

где Wдоп− допускаемая погрешность измерения влажности. Далее сравнивают $\eta(W_1)$ и $\eta(W_2)$. По результатам сравнения $\eta(W_1)$ и η_0, а также $\eta(W_1)$ и $\eta(W_2)$ судят о метрологической исправности ИСИ влажности. Если при этом $|\eta(W_1) - \eta_0| < \eta_{\text{доп}}$, где $\eta_{\text{доп}}$ допускаемое отклонение контролируемой величины от принятого опорного значения, ИСИ влажности признается метрологически исправным.

ISSN 3030-3907

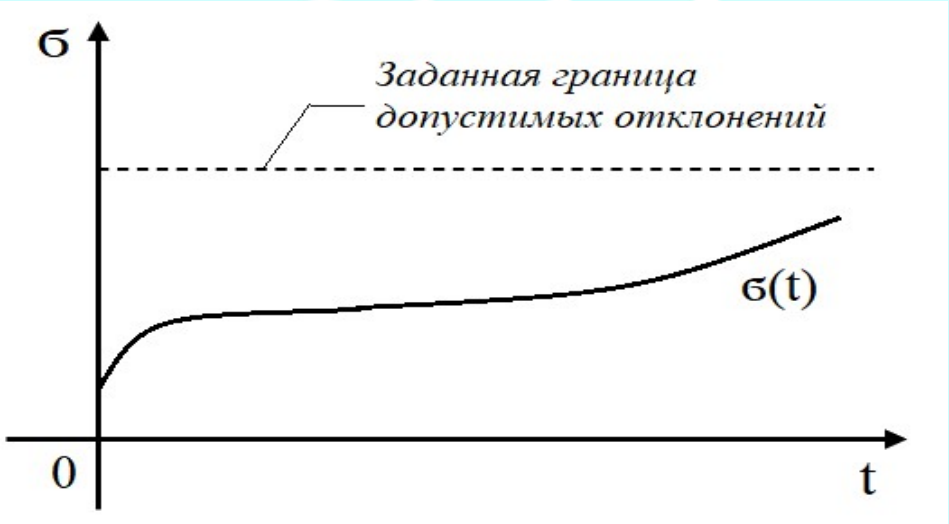


Рис.1. Изменение среднеквадратического отклонения в зависимости от времени

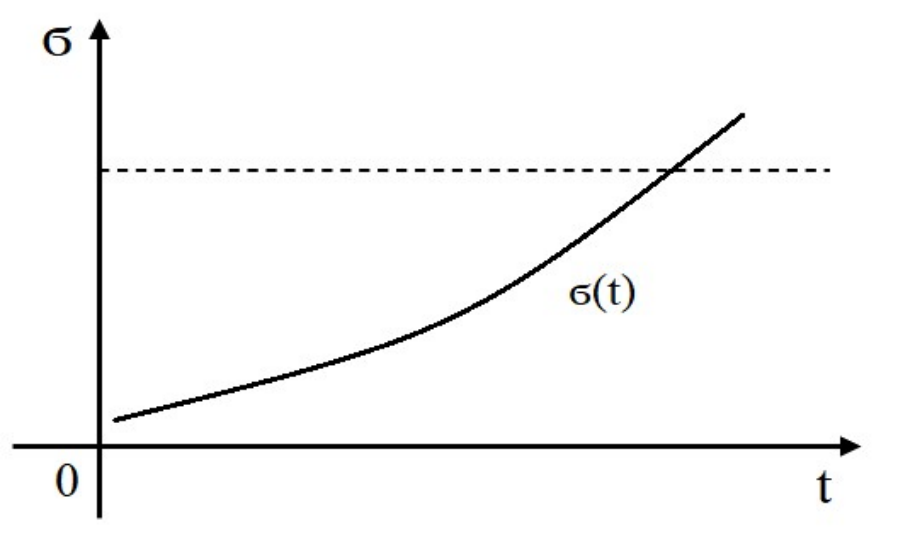


Рис.2. Изменение среднеквадратического отклонения в зависимости от времени

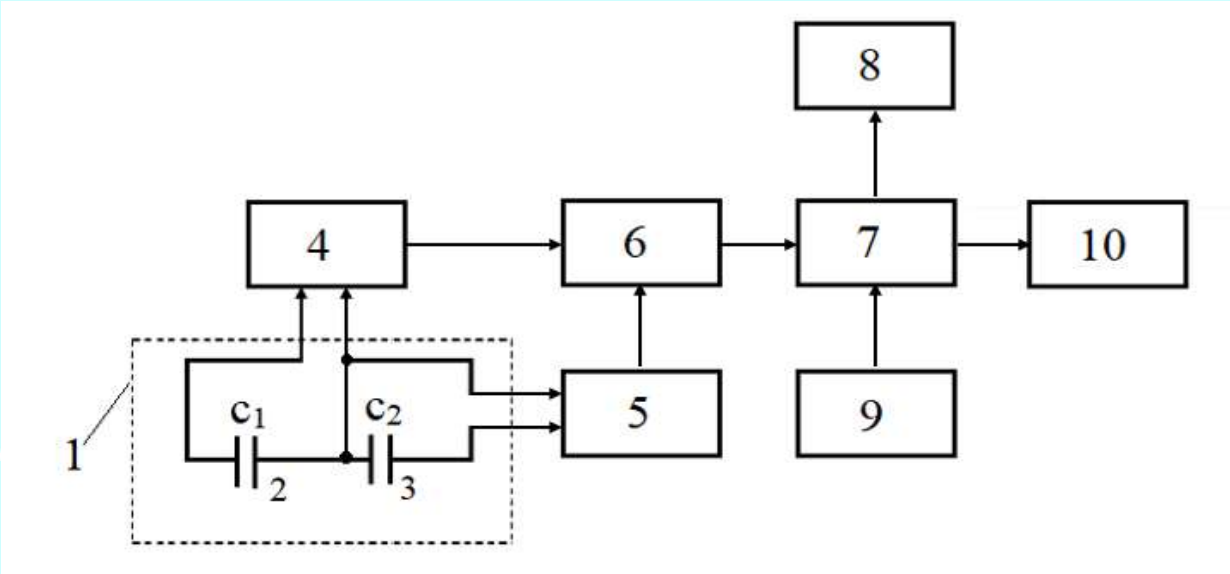


Рис.3. Структурные элементы измерительного прибора физико-химических величин

ISSN 3030-3907

Если $|\eta(W_1) - \eta_0| \geq \eta_{\text{доп}}$, то производят оценку возникшей погрешности измерения влажности, проводят самокоррекцию результата измерений и продолжают эксплуатацию. Если $\eta(W_1) \neq \eta(W_2$, то, следовательно, в процессе работы ИСИ имели места дополнительные влияющие воздействия, породившие неизвестные аддитивные погрешности, изменившие текущую диагностическую зависимость относительно опорной. Это означает, что текущее значение контролируемой величины $\eta(W_1)$ некорректно сравнивать с принятым опорным значением η_0 и результаты их сравнения не могут использоваться для осуществления диагностического самоконтроля. В этом случае ИСИ влажности снимают с эксплуатации.

Таким образом, представленный способ, созданный на основе данного исследования, позволяет определить, превышает ли фактическая погрешность, возникающая в интеллектуальном измерительном устройстве в процессе его использования, критическую составляющую погрешности, установленную на этапе разработки. Это позволяет автоматически скорректировать результаты измерений с оценкой погрешности вводимой коррекции. Следовательно, именно скорректированный результат измерений определяет необходимость принятия обоснованного решения о проведении калибровки измерительного устройства.

Предлагаемой способ обеспечивает возможность проведения практически непрерывного контроля метрологической исправности измерительного преобразователя с одновременным самоконтролем функции преобразования интеллектуального средства измерений непосредственно в процессе его эксплуатации с учетом дестабилизирующих факторов и анализа чувствительности измерительного преобразователя, которые вляют на метрологическую исправность.

В конечном результате предложенный способ непрерывного контроля метрологической исправности интеллектуального средства измерений с практической точки зрения обеспечивает существенное увеличение предельного значения длительности межповерочного интервала интеллектуального средства измерений. Увеличение межкалибровочного интервала имеет ряд преимуществ, таких как снижение затрат на калибровку, повышение метрологической надёжности, сокращение документооборота. Увеличение межкалибровочного интервала позволяет сократить простои оборудования, связанные с периодической калибровкой, что повышает эффективность его использования.

Цель исследования достигается путем обеспечения возможности практической реализации непрерывного контроля метрологической

ISSN 3030-3907

исправности интеллектуального измерительного устройства в ходе его эксплуатации, без необходимости проведения непрерывных штатных измерений. Это является техническим результатом данного исследования.

Таким образом, надежные данные, поступающие от интеллектуального измерительного прибора, позволяют принимать более обоснованные управленческие решения. Это, в свою очередь, повышает эффективность контроля, оценки метрологической исправности и самоконтроля, уменьшая вероятность принятия неверных решений. В конечном итоге, использование метода наименьших квадратов способствует повышению достоверности результатов измерений, полученных с помощью данного прибора.

ЛИТЕРАТУРА

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

2. РМГ 74-2004. Государственная система обеспечения единства измерений, методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений.

3. Miraliyeva, A.K., Rashidov, A.S., Ernazarova, Z.X., Masharipov, Sh.M., Mirpayziyeva, G.M. Experimental quantification of measurement uncertainty and other verification criteria for analytical test methods. Journal of Physics: Conference Seriesthis link is disabled, 2021, 2094(5), 052031 https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2094/5/052031/pdf

4. Masharipov, Sh.M., Ruzmatov, K.R., Rahmatullayev, S.A., ...Mahmudjonov, M.M., Isaqov, A.G. Assessment and investigation of measurement uncertainty of standard samples of substances and materials in physicochemical measurements based on standard test methods. Journal of Physics: Conference Seriesthis link is disabled, 2021, 2094(5), 052011

5. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2094/5/052011/pdf

6. Masharipov, S.M., Azimov, R.K. Multifunctional Information and Measuring Complex for Controlling the Parameters of Fibrous Materials and Dispersed Media Measurement Techniquesthis link is disabled, 2017, 60(6), стр. 643–646

7. https://www.springerprofessional.de/en/multifunctional-information-and-measuring-complex-for-controllin/15100128

8. Matyakubova P.M, Masharipov SH.M., Ruzmatov K.R, Sultanov M.K.. Published under licence by IOP Publishing Ltd. Methods for monitoring metrological characteristics of scientific and physical parameters of intelligent sensors in real operating conditions. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1889, Cybernetics, economics and information measuring

ISSN 3030-3907

systemsCitation Parahat M Matyakubova et al 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1889 032037.

ISSN 3030-3907