

Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины.

DOI: <https://www.doi.org/10.53002/147>

USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES TO INCREASE MEASUREMENT ACCURACY IN TESTING LABORATORIES

¹*Tatieva M.M.,¹Turabayeva M.B.,^{1*}Kalabayeva Zh.M.*

¹*Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan*

* Correspondent's E-mail: zhanatforever@gmail.com

Author information:

Tatieva M.M., Scientific Supervisor, Candidate of Economic Sciences (PhD in Economics), Associate Professor of the Department of Economics and Business, Karaganda State Industrial University, Kazakhstan, Temirtau City, postal code 101400, Republic Avenue, 30,

Turabayeva M.B., Candidate of Economic Sciences (PhD in Economics), Associate Professor, Karaganda State Industrial University, Kazakhstan, Temirtau City, postal code 101400, Republic Avenue, 30,

Kalabayeva Zh.M., Karaganda Industrial University, Kazakhstan, Temirtau City, postal code 101400, Republic Avenue, 30, e-mail: zhanatforever@gmail.com

Abstract – The article discusses the integration of digital technologies in testing laboratories to enhance measurement accuracy and reliability. Key areas of digitalization are analyzed, including smart sensors, automated data collection systems, and laboratory information management systems (LIMS). Special attention is given to the use of digital chromatographic systems as a means of high-precision analytical control. The role of digital algorithms in signal processing and ensuring metrological traceability in accordance with ISO/IEC 17025 is highlighted. The authors conclude that a comprehensive digital approach minimizes human error and ensures compliance with modern quality management standards.

Keywords – Digital technologies, measurement accuracy, testing laboratories, smart sensors, automation of measurements, digital data processing, gas chromatography, liquid chromatography, metrological traceability, measurement uncertainty, ISO/IEC 17025.

СЫНАҚ ЗЕРТХАНАЛАРЫНДА ӨЛШЕУ ДӘЛДІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

¹*Татиуева М.М.,¹Турабаева М.Б.,^{1*}Калабаева Ж.М.*

¹*Қарағанды индустриялық университеті, Қазақстан, Теміртау қаласы*

*Корреспондент E-mail: zhanatforever@gmail.com

Авторлар туралы ақпарат:

Татиуева М.М., ғылыми жетекші, экономика ғылымдарының кандидаты, Қарағанды мемлекеттік индустриялық университетінің «Экономика және бизнес» кафедрасының доценті, Қазақстан, Теміртау қаласы, Республика даңғылы, 30, пошта индексі 101400,

Турабаева М.Б., э.ғ.к., доцент Турабаева М. Б., Қазақстан, Теміртау қаласы, Республика даңғылы, 30, пошта индексі 101400,

Калабаева Ж.М. - Қарағанды индустриялық университеті, Қазақстан, Теміртау қаласы, Республика даңғылы, 30, пошта индексі 101400, e-mail: zhanatforever@gmail.com

Аннотация – мақалада өлшеу дәлдігі мен сенімділігін арттыру мақсатында сынақ зертханаларында цифрлық технологияларды енгізу мәселесі қарастырылады. Цифрландырудың негізгі бағыттары талданады, соның ішінде интеллектуалды датчиктер, деректерді автоматты түрде жинау жүйелері және зертханалық ақпараттық менеджмент жүйелері (LIMS). Цифрлық хроматографиялық жүйелер жоғары дәлдіктегі аналитикалық бақылау құралы ретінде ерекше назарға алынады. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 талаптарына сәйкес сигналдарды өңдеудегі цифрлық алгоритмдердің және метрологиялық қадағалануын қамтамасыз етудегі рөлі көрсетіледі. Авторлар кешенді

цифрлық тәсіл адам факторының әсерін азайтып, сапа менеджментінің заманауи стандарттарына сәйкестікті қамтамасыз етеді деген қорытындыға келеді.

Түйін сөздер – цифрлық технологиялар, өлшеу дәлдігі, сынақ зертханалары, интеллектуалды датчиктер, өлшеулерді автоматтандыру, цифрлық деректерді өңдеу, газ хроматографиясы, сұйық хроматография, метрологиялық қадағалану, өлшеу белгісіздігі, ГОСТ ISO/IEC 17025-2019.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

¹Татиева М.М., ¹Турабаева М. Б., ^{1*}Калабаева Ж.М.

¹Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан

* E-mail корреспондента: zhanatforever@gmail.com

Информация об авторах:

Татиева М.М., научный руководитель, кандидат экономических наук (PhD в области экономики), доцент кафедры «Экономика и бизнес» Карагандинского государственного индустриального университета, Казахстан, г. Темиртау, почтовый индекс 101400, проспект Республики, 30.

Турабаева М.Б., кандидат экономических наук (PhD в области экономики), доцент Карагандинского государственного индустриального университета, Казахстан, г. Темиртау, почтовый индекс 101400, проспект Республики, 30.

Калабаева Ж.М., Карагандинский индустриальный университет, Казахстан, г. Темиртау, почтовый индекс 101400, проспект Республики, 30. e-mail: zhanatforever@gmail.com

Аннотация – в статье рассматривается интеграция цифровых технологий в испытательных лабораториях для повышения точности и надежности измерений. Анализируются ключевые направления цифровизации, включая интеллектуальные датчики, автоматизированные системы сбора данных и лабораторные информационные системы (LIMS). Особое внимание уделяется использованию цифровых хроматографических систем как средства высокоточного аналитического контроля. Подчеркивается роль цифровых алгоритмов в обработке сигналов и обеспечении метрологической прослеживаемости в соответствии с требованиями ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Авторы приходят к выводу, что комплексный цифровой подход минимизирует влияние человеческого фактора и обеспечивает соответствие современным стандартам управления качеством.

Ключевые слова – цифровые технологии, точность измерений, испытательные лаборатории, интеллектуальные датчики, автоматизация измерений, цифровая обработка данных, газовая хроматография, жидкостная хроматография, метрологическая прослеживаемость, неопределенность измерений, ГОСТ ISO/IEC 17025-2019.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В ходе исследования определены основные направления применения цифровых технологий в испытательных лабораториях, включающие использование интеллектуальных датчиков, лабораторных информационных систем (LIMS) и автоматизированных средств сбора и обработки данных. Предложен комплексный подход к повышению точности измерений, основанный на интеграции цифровых измерительных приборов, программных алгоритмов обработки сигналов и цифровых хроматографических систем. Установлено, что автоматизация процессов измерений и формирования отчетной документации позволяет существенно снизить влияние человеческого фактора, повысить воспроизводимость результатов и обеспечить метрологическую прослеживаемость. Показано, что комплексная цифровизация лабораторных

процессов обеспечивает соответствие требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 и современным стандартам управления качеством.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение высокой точности измерений является фундаментальным условием достоверности результатов испытаний в лабораториях различного профиля – метрологических, сертификационных, промышленных и научно-исследовательских.

В современных условиях, характеризующихся ужесточением требований нормативных документов, включая ГОСТ ISO/IEC 17025-2019, а также законодательство в области обеспечения единства измерений, возрастает необходимость внедрения инновационных подходов к организации измерительных процессов. Одним из ключевых направлений является интеграция цифровых

технологий, обеспечивающих повышение точности, воспроизводимости и метрологической надежности результатов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Цифровые технологии представляют собой совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих автоматизацию процессов измерения, сбора, обработки и хранения данных. К ним относятся:

- цифровые датчики;
- интеллектуальные измерительные системы;
- программные комплексы обработки сигналов;
- лабораторные информационные системы (LIMS).

Их внедрение позволяет существенно снизить влияние субъективных факторов («человеческого фактора») и повысить степень стандартизации процедур. По сравнению с аналоговыми средствами, цифровые системы обладают более высоким разрешением, устойчивостью к внешним воздействиям и стабильностью метрологических характеристик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Современные цифровые датчики оснащаются микропроцессорными модулями, реализующими функции первичной обработки сигнала, самодиагностики и компенсации внешних факторов (температуры, давления, влажности). Использование таких устройств снижает уровень случайных и систематических погрешностей, обеспечивая автоматическую коррекцию параметров в процессе эксплуатации. Это особенно актуально при длительном мониторинге технологических процессов в режиме реального времени.

Среди современных средств аналитического контроля особое место занимают газовые и жидкостные хроматографы. Современные комплексы включают в себя:

- цифровые детекторы (пламенно-ионизационные, теплопроводностные и др.);
- автоматические пробоотборные устройства;
- встроенное специализированное программное обеспечение.

Цифровизация в хроматографии позволяет оптимизировать алгоритмы обработки сигналов, минимизировать операторские ошибки и автоматически идентифицировать компоненты. Дополнительные функции коррекции базовой линии, подавления шумов и расчета

неопределенности измерений способствуют высокой воспроизводимости результатов и их соответствию требованиям метрологической прослеживаемости.

Использование стандартных цифровых интерфейсов (USB, Ethernet, RS-485, беспроводные протоколы) позволяет интегрировать приборы в единую информационную инфраструктуру лаборатории. Программные комплексы выполняют:

- фильтрацию сигналов и статистическую обработку результатов;
- оценку неопределенности измерений.

Автоматизация данных процессов сводит к минимуму вероятность ошибок, связанных с ручным вводом и обработкой данных.

Важнейшую роль играют методы цифровой обработки сигналов: сглаживание, деконволюция перекрывающихся пиков и численное интегрирование для точного определения их площадей.

Внедрение систем LIMS обеспечивает централизованное управление данными, контроль целостности информации и полную прослеживаемость результатов.

Цифровизация процессов калибровки и поверки осуществляется строго в соответствии с законодательством в области метрологии. Автоматизированные процедуры позволяют:

- повысить точность градуировочных характеристик;
- анализировать исторические данные о состоянии оборудования;
- обеспечить прозрачность всех этапов измерительного процесса.

Перспективным направлением является внедрение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения для автоматического распознавания пиков, выявления аномалий и прогнозирования погрешностей. Развитие технологий промышленного интернета вещей (IIoT) создает базу для формирования распределенных систем с возможностью удаленного мониторинга и управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, комплексная интеграция интеллектуальных измерительных приборов, систем автоматизации и специализированного ПО является ключевым фактором повышения точности и надежности измерений.

Это позволяет минимизировать погрешности, обеспечить воспроизводимость результатов и

гарантировать их соответствие современным международным требованиям в области метрологии и менеджмента качества.

«Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов».

Авторское право © 2026 принадлежит автору(ам).

Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) (CC BY-SA 4.0). Лицензия разрешает свободное использование, распространение и воспроизведение в любой форме при условии обязательного указания авторства и сохранения той же лицензии для производных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
- [2] Закон Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений» № 53-V ЗРК.
- [3] ГСИ РК. Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Основные положения.
- [4] СТ РК 2.4-2017. Государственная система обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений.
- [5] Нуртазин Е.М. Автоматизация измерений и обработка экспериментальных данных. – Алматы: Эверо, 2019.
- [6] Скут Д.А., Холлер Ф.Дж., Крауч С.Р. Принципы инструментального анализа. – М.: БИНОМ, 2015.
- [7] Сидоров В.И., Иванов А.П. Газовая хроматография: теория и практика. – М.: Химия, 2017.
- [8] Мельников П.А. Жидкостная хроматография в аналитической химии. – СПб.: Профессия, 2018.
- [9] ГОСТ 8.586.1–2005. Методики выполнения измерений с применением хроматографов.
- [10] Lyons R.G. Understanding Digital Signal Processing. 3rd ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2011. – 992 p.

REFERENCES

- [1] GOST ISO/IEC 17025-2019. Obshchie trebovaniya k kompetentnosti ispytatel'nykh i kalibrovочnykh laboratorii.
- [2] Zakon Respubliki Kazakhstan «Ob obespechenii edinstva izmerenii» No. 53-V ZRK.
- [3] GSI RK. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenii Respubliki Kazakhstan. Osnovnye polozheniya.
- [4] ST RK 2.4-2017. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenii. Poverka sredstv izmerenii.
- [5] Nurtazin E.M. Avtomatizatsiya izmerenii i obrabotka eksperimental'nykh dannykh. – Almaty: Evero, 2019.
- [6] Skoog D.A., Holler F.J., Crouch S.R. Printsipy instrumental'nogo analiza. – Moscow: BINOM, 2015.
- [7] Sidorov V.I., Ivanov A.P. Gazovaya khromatografiya: teoriya i praktika. – Moscow: Khimiya, 2017.
- [8] Mel'nikov P.A. Zhidkostnaya khromatografiya v analiticheskoi khimii. – Saint Petersburg: Professiya, 2018.
- [9] GOST 8.586.1–2005. Metodiki vypolneniya izmerenii s primeneniem khromatografov.
- [10] Lyons R.G. Understanding Digital Signal Processing. 3rd ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2011. – 992 p.