ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCE

CENTRAL ASIAN SCIENTIFIC JOURNAL
ISSN 3135-3061
2026. №4 (32), Том 2. С. 636–643
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.24495068
Сайт журнала: https://cajournal.kz

УДК 006.91:005.6

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ISO 9001 ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

А.Н. Сейтқали
Satbayev University, Алматы, Казахстан

Сейтқали Айым Нариманқызы — магистрант 2 курса образовательной программы «Стандартизация, сертификация и метрология», Satbayev University, Алматы, Казахстан. E-mail: aiymseitkali@mail.ru

Научный руководитель: Омарова Жансая Бағдатқызы — PhD, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан.

© А.Н. Сейтқали, 2026

Аннотация: Цель работы – разработать и теоретически обосновать модель применения принципов ISO 9001 для повышения управляемости и качества метрологических работ. Исследование носит сравнительно-аналитический характер: сопоставлены требования ISO 9001:2015 и ISO/IEC 17025:2017, а выводы двенадцати публикаций 2024–2025 годов, три из которых выполнены на казахстанском материале, сравнивались по восьми критериям, среди которых метрологическая прослеживаемость, оценка неопределённости, компетентность персонала и вид риска. Показано, что принципы ISO 9001 наиболее предметно переводятся в процедуры метрологической службы в части управления ресурсами, прослеживаемости и работы с несоответствиями, тогда как технические требования к достоверности результатов вносит ISO/IEC 17025, и что в рассмотренном корпусе систему менеджмента качества в целом исследует лишь одна работа, а остальные посвящены отдельным техническим элементам. Разработаны модель из девяти взаимосвязанных процессов с контуром обратной связи, цикл PDCA с отдельным решением о запуске корректирующих действий и система из восьми показателей мониторинга (своевременность калибровки, доля несоответствий, полнота прослеживаемости, подтверждение компетентности и другие), формулы которых предложены автором. Первичные измерения и производственная апробация не проводились, поэтому результаты обосновывают ожидаемые механизмы улучшения, но не их количественный эффект, и модель требует проверки в конкретной метрологической службе, прежде всего на данных калибровки и записях о несоответствиях.

Ключевые слова: ISO 9001, ISO/IEC 17025, система менеджмента качества, метрологическая прослеживаемость, калибровка, неопределённость измерений, компетентность персонала, цикл PDCA

Введение

Результат измерения служит основанием для решения, только если известно, с какой неопределённостью он получен и к какому эталону прослеживается. Систему менеджмента качества (СМК) по ISO 9001 можно использовать, чтобы упорядочить такую работу, но в Казахстане её внедрение нередко упирается в ресурсы: качественный анализ для строительной отрасли показал, что сертифицированных предприятий немного из-за ограниченных средств, нехватки специалистов и неясности, с чего начинать [1].

Техническая сторона метрологических работ развивается. Для калибровочного полигона Жетыген сопоставлены методы калибровки относительных гравиметров и по

пятилетним измерениям оценены масштабные коэффициенты приборов Scintrex CG-5 [2], а файлы наблюдений опубликованы отдельным набором данных [3]. Организационная сторона (график калибровки, фиксация отклонений, решение об интервале) в аннотациях этих работ не затрагивается. За рубежом отдельные элементы изучены подробнее: система поддержки решений подбирает интервалы калибровки и по картам EWMA и I-MR выявляет непредсказуемое поведение прибора [4]; для определения нитратов в салате учёт отбора проб в неопределённости показал непригодность процедуры из европейского руководства, а увеличение числа приращений с 10 до 40 сделало её пригодной [5]; цифровая платформа лабораторий Национального института аэрокосмической техники Испании (INTA) объединяет процедуры, квалификацию персонала, план калибровки и журнал событий [6]; для прослеживаемости предложена обобщённая модель цепи по уровням калибровочной иерархии [7].

ISO 9001:2015 задаёт требования к системе менеджмента любой организации; метрологии касается п. 7.1.5, в частности п. 7.1.5.2 о прослеживаемости к эталонам. ISO/IEC 17025:2017 адресован лабораториям и наряду с разделом 8 (менеджмент) содержит технические требования к персоналу (6.2), оборудованию (6.4), прослеживаемости (6.5), оценке неопределённости (7.6) и достоверности результатов (7.7). По варианту Б (п. 8.1.3) лаборатория, выполняющая ISO 9001 и разделы 4–7, соответствует по крайней мере замыслу требований 8.2–8.9. ISO 9001 даёт каркас управления, но не доказывает технической достоверности результатов, а ISO/IEC 17025 даёт техническое содержание, поэтому стандарты нужно применять согласованно.

Принципы ISO 9001 в метрологии обычно применяют как набор документированных процедур, не связывая их с состоянием оборудования, подготовкой исполнителя, полнотой цепи прослеживаемости и разбором отклонений. В просмотренных публикациях [1–7] эти элементы рассматриваются порознь, а модели, сводящей их в одну систему на основе принципов ISO 9001, в этом корпусе нет (о работах за его пределами вывод ничего не говорит). Цель работы: разработать и теоретически обосновать модель применения принципов ISO 9001 для повышения управляемости и качества метрологических работ на основе сравнительного анализа научных публикаций и нормативных требований. Задачи: сопоставить принципы ISO 9001:2015 с метрологическими процессами и ISO/IEC 17025:2017; сравнить выводы публикаций по единым критериям; построить модель, цикл PDCA и показатели.

Материалы и методы

Исследование сравнительно-аналитическое: первичных измерений, анкетирования и производственной апробации в нём нет. Каждый из семи принципов менеджмента качества (п. 0.2 ISO 9001:2015) связывали с пунктами стандарта, метрологическим процессом и пунктами ISO/IEC 17025:2017, которые требование конкретизируют; затем систематизировали выводы публикаций, построили модель и показатели.

Корпус составили двенадцать публикаций 2024–2025 годов: три казахстанские [1–3] и девять зарубежных. Это не систематический обзор: корпус подобран заранее, поиск по базам не проводился. Библиографические данные сверены с Crossref, содержание оценивалось по аннотациям и страницам издателей, а для работы [6] ещё и по открытому полному тексту. Критерии сравнения: объект работ, инструмент управления качеством, вид риска, способ контроля, прослеживаемость, неопределённость, компетентность и применимость. Компетентность включена, так как ошибки персонала способны обесценить даже совершенные приборы и методы [8]; вид риска определялся по тому, что ведёт к неверному решению (в [9] это ошибочное заключение о соответствии, вероятность которого растёт с неопределённостью и снижается при защитных границах); критерий прослеживаемости учитывает случаи, когда цепь до эталона не замыкается: для влажности растительных материалов в базе KCDB нет ни заявленных возможностей, ни стандартных образцов [10]; среди способов контроля учтены риск-ориентированная частота калибровки [11] и внешняя проверка результатов, принятая в лабораторной медицине [12].

Четыре материала не являются классическими исследованиями: [3] статья с данными, [4] глава в материалах конференции APMS 2024, [6] описание проекта одной организации, [12] отчёт о семинаре; их выводы использованы как иллюстрации. Риски оценивались качественно, без числовых баллов, так как данных конкретной организации нет. Показатели выводились из выходов процессов и считаются по записям, обязательным по ISO 9001 или ISO/IEC 17025; формулы предложены автором, целевые значения не задавались. Модель на производстве не проверялась, поэтому результаты описывают ожидаемые механизмы улучшения, а не подтверждённый эффект.

Результаты

Принципы ISO 9001 и метрологические процессы

Каждый из семи принципов можно перевести в процедуру метрологической службы, но с разной определённостью (таблица 1; обозначения К1–К8 расшифрованы ниже).

Таблица 1 – Сопоставление принципов ISO 9001:2015 с требованиями к качеству метрологических работ

Принцип менеджмента	Пункты ISO 9001	Процесс метрологии	Возможный риск	Мероприятие	Показатель
Ориентация на потребителей	4.2; 8.2	Согласование требований к точности и правила принятия решения	Работа выполнена не по требованиям заказчика	Требования к точности и решающее правило фиксируются в заявке	К4
Лидерство	5.1; 5.3; 6.2; 7.1.1	Закрепление обязанностей и ресурсов службы	Нет владельца графика и реестра СИ	Владельцы процессов, цели по метрологии в целях качества	К1, К5
Вовлечённость работников	7.1.6; 7.2; 7.3	Допуск исполнителей, подготовка, знания о методиках	Ошибки исполнителя при недостатке подготовки	Матрица компетенций, допуск, периодическая проверка	К6
Процессный подход	4.4; 7.1.5; 8.1; 8.5.1	Цепочка от заявки до протокола	Разрывы между этапами	Карты процессов, входы и выходы, контрольные точки	К2, К3
Улучшение	8.7; 10.2; 10.3; 7.1.5.2	Разбор отклонений, пересмотр интервалов	Причины повторяются; интервалы не учитывают дрейф	Устранение причин; оценка влияния на прежние результаты	К5, К7
Принятие решений на основе свидетельств	9.1.1; 9.1.3; 9.3	Анализ данных калибровки и трендов	Интервалы и допуски назначают без данных	Реестр данных калибровки, анализ трендов, анализ руководством	К7, К8
Отношения с поставщиками	8.4; 7.1.5.2	Выбор внешних лабораторий и поставщиков эталонов	Разрыв цепи до эталона на внешнем звене	Оценка поставщиков, документ о цепи до эталона	К3

Данные таблицы 1 показывают, что наиболее предметны связи для процессного подхода, вовлечённости работников и улучшения: для них в ISO 9001 есть прямые пункты (7.1.5, 7.2, 8.5.1, 10.2), задающие объекты управления: реестр средств измерений, допуск исполнителей, разбор отклонений. Ориентация на потребителя и отношения с поставщиками выражены слабее: стандарт говорит о них в общем виде, а метрологии нужны согласованная неопределённость, правило принятия решения и документ о цепи до эталона у внешней лаборатории. Особое место занимает п. 7.1.5.2: при признании средства измерений

непригодным организация обязана определить, не пострадала ли достоверность прежних результатов; в модели это отдельный блок. ISO/IEC 17025 уточняет такие требования: цепь калибровок должна быть документированной и непрерывной, а каждое звено вносит вклад в неопределённость (6.5.1). Оценка неопределённости (7.6) и подтверждение достоверности результатов (7.7) прямых аналогов в ISO 9001 не имеют, и для службы без аккредитации эти пункты служат справочными.

Сравнение публикаций выявило три закономерности. СМК в целом рассматривает только работа [1], на материале строительства, остальные одиннадцать посвящены отдельному техническому элементу. Риск понимается по-разному: как непредсказуемое поведение прибора [4], ошибка отбора проб [5], неверное решение о соответствии [9], влияние исполнителя при пипетировании [11]; единой классификации в корпусе нет. Четыре материала [3, 4, 6, 12] не являются классическими исследованиями, поэтому их выводы использованы осторожно.

Модель интеграции принципов ISO 9001

Метрологическая работа представлена цепочкой из девяти процессов, а принципы ISO 9001 выступают правилами управления каждым из них (рисунок 1; указаны пункты ISO 9001:2015 и, где уместно, ISO/IEC 17025:2017).

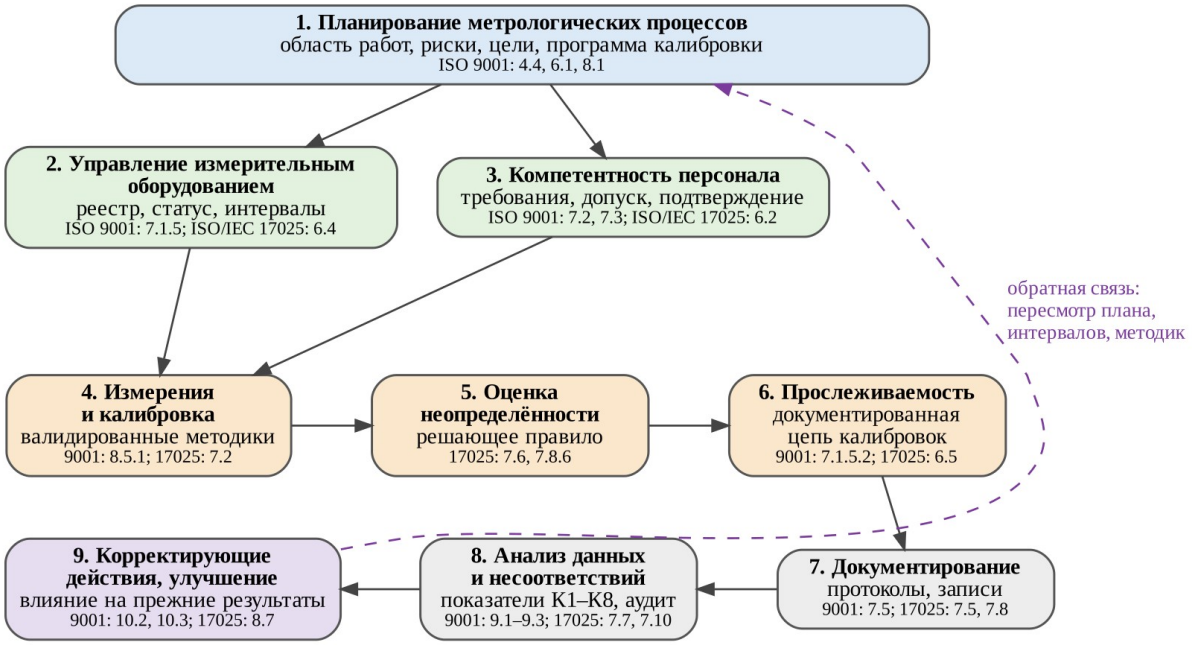

Рисунок 1 - Концептуальная модель интеграции принципов ISO 9001 в систему обеспечения качества метрологических работ

Модель имеет четыре особенности. Планирование определяет риски, цели и показатели, то есть у работы появляются владелец и измеримый результат. Оборудование и персонал выделены как два входа в измерение с разными правилами (статус и интервал для прибора, требования и допуск для исполнителя). Оценка неопределённости и прослеживаемость стоят до документирования: протокол не оформляется, пока они не зафиксированы. Контур обратной связи ведёт от корректирующих действий к планированию и включает оценку влияния на уже выданные результаты (п. 7.1.5.2 ISO 9001:2015).

Система показателей мониторинга

Для узловых точек модели выведены восемь показателей (таблица 2); формулы предложены автором как расчётные показатели и в стандартах не заданы.

Таблица 2 – Предлагаемая система показателей мониторинга качества метрологических работ

Показатель	Способ расчёта	Источник	Частота	Управленческое

		данных		назначение
К1. Своевременность калибровки	$К1 = N_в / N_п \times 100\ \%$	График калибровки, реестр СИ	Раз в месяц или квартал	Выполняется ли программа калибровки
К2. Доля несоответствий	$К2 = N_{нс} / N_р \times 100\ \%$	Журнал несоответствий	Раз в квартал	Управляемость процессов; читать вместе с К5
К3. Полнота прослеживаемости	$К3 = N_ц / N_т \times 100\ \%$	Реестр СИ и эталонов, сертификаты	Раз в полугодие	Разрывы цепи, в том числе на внешних звеньях
К4. Доля повторных калибровок	$К4 = N_{пов} / N_{об} \times 100\ \%$	Журнал работ, претензии	Раз в квартал	Потери из-за ошибок исполнения и согласования
К5. Корректирующие действия в срок	$К5 = N_{ку} / N_{наз} \times 100\ \%$	Журнал несоответствий и действий	Раз в квартал	Реагирование системы на отклонения
К6. Подтверждение компетентности	$К6 = N_{под} / N_{доп} \times 100\ \%$	Матрица компетенций, записи об обучении	Раз в полугодие	Контроль ресурса «персонал»
К7. Доля СИ вне допуска при калибровке	$К7 = N_{вд} / N_к \times 100\ \%$	Протоколы калибровки	Раз в год	Пересмотр интервалов; анализ влияния на прежние результаты
К8. Результативность внешнего контроля	$К8 = N_{уд} / N_{уч} \times 100\ \%$	Отчёты о сличениях и проверках квалификации	После сличений	Независимое подтверждение достоверности

Примечание. Формулы являются расчётными показателями автора. $N_в$ – СИ, калиброванные до срока; $N_п$ – запланированные; $N_{нс}$ – зарегистрированные несоответствия; $N_р$ – выполненные работы; $N_ц$ – СИ и эталоны с подтверждённой цепью до эталона; $N_т$ – СИ и эталоны, для которых она нужна (случаи без эталона учитывают отдельно); $N_{пов}$ – повторные калибровки и повторно выданные протоколы; $N_{об}$ – все калибровки; $N_{ку}$ – корректирующие действия, закрытые в срок; $N_{наз}$ – назначенные; $N_{под}$ – допущенные специалисты с действующим подтверждением компетентности; $N_{доп}$ – все допущенные; $N_{вд}$ – СИ вне допуска; $N_к$ – калиброванные за период; $N_{уд}$ – успешные результаты сличений; $N_{уч}$ – все участия. Целевые значения не установлены и требуют обоснования в конкретной организации.

К1, К3 и К6 характеризуют ресурсы до начала работ, К2, К4 и К7 фиксируют проявившиеся отклонения, К5 и К8 показывают реакцию системы и внешнее подтверждение. Ни один показатель сам по себе не доказывает качество: низкое К2 может означать и хорошие процессы, и слабую регистрацию несоответствий, поэтому показатели читают парами (К2 с К5, К1 с К7). Целевые значения не устанавливались: их определяют по данным конкретной службы и обосновывают отдельно.

Цикл улучшения PDCA

Динамику модели описывает цикл PDCA (рисунок 2): этапы Plan, Do, Check и Act связаны с метрологическими процедурами, а переход от контроля к воздействию вынесен в отдельное решение: корректирующие действия запускаются при отклонении или тренде к выходу за допуск, иначе работы идут по плану.

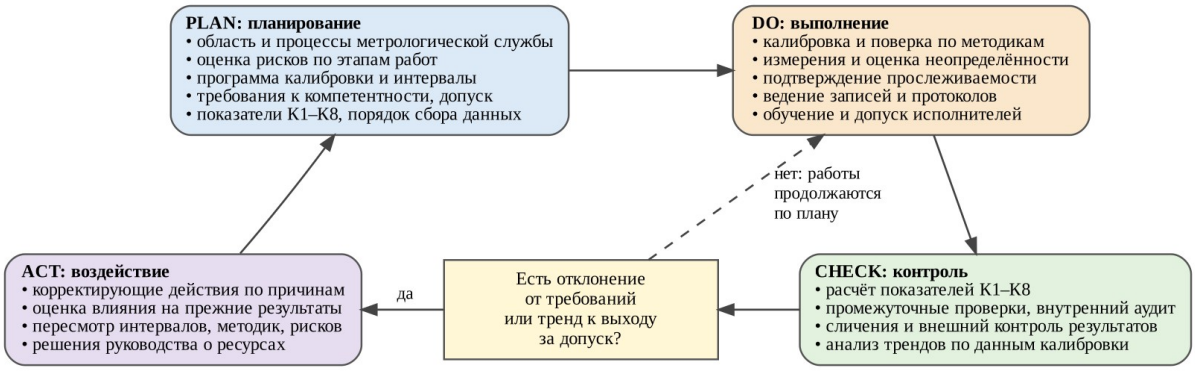

Рисунок 2 - Цикл непрерывного улучшения качества метрологических работ на основе PDCA

Цикл замыкается дважды. Короткий контур (Check, Do) служит текущему контролю без изменения плана, длинный (Check, Act, Plan) пересматривает интервалы, методики и оценку рисков. Основой для различения служат временные ряды данных калибровки, подобные тем, что использованы в [3] для изучения калибровочной функции и в [4] для контрольных карт.

Обсуждение

Модель согласуется с выводом работы [1]: препятствием для внедрения ISO 9001 в Казахстане служит прежде всего неясность исходной точки. Механизм из [1] описывает внедрение СМК в целом на строительных предприятиях, а модель этой статьи идёт от процессов метрологической службы к записям и показателям, которые СМК должна от неё получать. Подходы дополняют друг друга, но выводы [1] нельзя переносить на метрологию напрямую, так как метрологические процессы в ней не выделены.

Система из [4] решает узкую задачу: подобрать метод назначения интервала и обнаружить непредсказуемое поведение прибора. В модели интервал остаётся одним из решений цикла: данными для него служат К7 и анализ влияния на прежние результаты, а владельцем решения становится руководитель службы; методы [4] можно использовать как способ расчёта К7 и трендов. Работы по полигону Жетыген [2, 3] показывают ценность долговременных рядов калибровки, но переход от ряда данных к решению об интервале в их аннотациях не описан, и его закрывает модель.

Обобщённая модель цепи в [7] даёт техническую структуру, и система её надстраивает: К3 требует, чтобы цепь по каждому средству была подтверждена документом, а на внешнем звене проверена через оценку поставщика (таблица 1). Платформа INTA [6] показывает один из вариантов реализации; модель близка ей по набору элементов, но не привязана к цифровому решению, а опыт крупной организации нельзя переносить на небольшую службу без учёта ресурсов. Случай [10], когда стандартов и образцов нет, ISO 9001 (п. 7.1.5.2) решает сохранением основы калибровки как документированной информации; поэтому в К3 нужно различать цепи, замкнутые на эталон, и цепи с документированной основой.

Работы [5] и [9] дополняют друг друга: первая распространяет неопределённость на отбор и подготовку проб, вторая связывает её с риском неверного решения и защитными границами. Модель использует оба смысла и переносит правило принятия решения на этап согласования с заказчиком (ISO/IEC 17025: 7.1.3, 7.8.6); пока нет данных из конкретной службы, это предположение. Компетентность в [8] рассматривается как условие качества, а в [11] показано, что на результат пипетирования влияют пользователь, жидкость и среда; модель учитывает обе стороны: персонал выступает ресурсом (К6) и возможной причиной несоответствий (К2, К4). Внешний контроль из [12] (отчёт о семинаре JCTLM по лабораторной медицине) соответствует показателю К8 (ISO/IEC 17025: 7.7.2).

Отдельно в корпусе изучались оборудование [4], неопределённость [5, 9], прослеживаемость [6, 7, 10], компетентность [8, 11] и внешний контроль [12]; модель соединяет их через процессный подход ISO 9001: для каждого элемента определяются

владелец, запись, показатель и реакция на отклонение. Внедрять её в казахстанских службах удобно поэтапно: K1, K2 и K5 по существующим записям, затем K3 и K7, затем K6 и K8; порядок предложен автором и не проверялся.

Модель не прошла производственную апробацию, поэтому утверждать, что она повышает точность измерений или сокращает брак, нельзя: анализ обосновывает ожидаемые механизмы улучшения, но не их величину. Корпус невелик и подобран заранее, а содержание большинства работ оценивалось по аннотациям. Набор показателей зависит от объёма работ, аккредитации и цифровизации учёта, формулы не валидировались. Проверка потребует апробации в одной метрологической службе: сбора K1–K8 за базовый период и сравнения значений до и после внедрения отдельных элементов. Практически модель применима там, где служба уже ведёт реестры и записи и хочет сделать из них управляемую систему без немедленной аккредитации по ISO/IEC 17025.

Заключение

Сопоставление ISO 9001:2015 и ISO/IEC 17025:2017 показало, что принципы менеджмента качества переводятся в процедуры метрологической службы с разной определённостью: наиболее прямо через пункты о ресурсах, прослеживаемости и несоответствиях. Технические требования к неопределённости и достоверности результатов вносит ISO/IEC 17025, поэтому стандарты применяют согласованно: первый как каркас управления, второй как источник технического содержания.

Разработанная модель включает девять процессов с контуром обратной связи, который учитывает влияние на ранее выданные результаты, и цикл PDCA с отдельным решением о запуске корректирующих действий. Из двенадцати публикаций СМК в целом рассматривает одна, остальные посвящены отдельным элементам; модель связывает их через владельцев процессов, записи и показатели.

Предложены восемь показателей, рассчитываемых по записям, которые служба обычно уже ведёт; формулы являются расчётными показателями автора, целевые значения требуют обоснования в конкретной организации. Для проверки необходимы апробация в одной метрологической службе и валидация показателей.

Список литературы:

1. Zhuman Y., Juman J., Makulova A. et al. Mechanism of introduction of quality management system at the enterprises of the construction industry: case of the Republic of Kazakhstan // Business, Management and Economics Engineering. – 2024. – Vol. 22, No. 2. – P. 240–254. – DOI: 10.3846/bmee.2024.20792.

2. Sermiagin R., Kemerbayev N., Kassymkanova K.-K. et al. Selection of a calibration system for relative gravimeters and testing of the processing using the example of the Zhetygen calibration baseline in Kazakhstan // Acta Geodaetica et Geophysica. – 2024. – Vol. 59, No. 4. – P. 381–404. – DOI: 10.1007/s40328-024-00454-x.

3. Sermiagin R., Kalen Y., Kemerbayev N. et al. Dataset from Scintrex CG-5 gravity meters acquired at the Zhetygen calibration line in Kazakhstan [Data article] // Data in Brief. – 2024. – Vol. 57. – Art. 111151. – DOI: 10.1016/j.dib.2024.111151.

4. Lopes I., Pires C., Alão T. Management of Measuring Equipment for Quality Assurance in Manufacturing Processes: A Decision-Making Support System [Глава в материалах конференции APMS 2024] // Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Volatile, Uncertain, Complex, and Ambiguous Environments. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 733. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. – P. 3–18. – DOI: 10.1007/978-3-031-71645-4_1.

5. Ramsey M.H., Rostron P.D. Measurement uncertainty from sampling and its role in validation of measurement procedures // Accreditation and Quality Assurance. – 2024. – Vol. 29, No. 2. – P. 153–162. – DOI: 10.1007/s00769-024-01575-0.

6. Benyon Puig R., Gallegos J.G., Mohino Herranz I. et al. Digital transformation: Ensuring metrological traceability // Measurement: Sensors. – 2025. – Vol. 38. – Art. 101801. – DOI: 10.1016/j.measen.2024.101801.

© Central Asian Scientific Journal, 2026

7. Velychko O., Kuzmenko I., Gordiyenko T. Practical aspects of ensuring of the metrological traceability // Measurement: Sensors. – 2025. – Vol. 38. – Art. 101529. – DOI: 10.1016/j.measen.2024.101529.

8. Dobilienė J., Meškuotienė A. Metrology personnel competencies. Their importance to the quality of measurements // Measurement: Sensors. – 2025. – Vol. 38. – Art. 101325. – DOI: 10.1016/j.measen.2024.101325.

9. Velychko O., Kursin S., Gordiyenko T. et al. Peculiarities of formation and checking of the accreditation scope of calibration laboratory // Measurement: Sensors. – 2025. – Vol. 38. – Art. 101504. – DOI: 10.1016/j.measen.2024.101504.

10. Kulyk S., Shcherbakova O., Durbiano F. et al. Metrological traceability of moisture/water content measurements // Measurement. – 2025. – Vol. 242. – Art. 115845. – DOI: 10.1016/j.measurement.2024.115845.

11. Huber M. Good pipetting practice – A science based approach for quality management of pipetting // Measurement: Sensors. – 2025. – Vol. 38. – Art. 101553. – DOI: 10.1016/j.measen.2024.101553.

12. Theodorsson E., Meijer P., Badrick T. External quality assurance in the era of standardization [Отчёт о семинаре JCTLM] // Clinica Chimica Acta. – 2024. – Vol. 557. – Art. 117876. – DOI: 10.1016/j.cca.2024.117876.

© Central Asian Scientific Journal, 2026