

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ  
БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»  
КеАҚ



КӨЛІК-ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XIV ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC- PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Астана, 2026

**УДК 656:620.9**

**ББК 65.37+65.305.1**

**A43**

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Талтенов А.А., член Правления – Проректор по науке и коммерциализации, д.х.н., профессор; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., ассоциированный профессор; Тлепиева Г.М. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», к.т.н., доцент; Тогизбаева Б.Б. – заведующая кафедрой «Транспортная инженерия», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Жумажанов С.К.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент; Садыкова С.Б. – заведующая кафедрой «Теплоэнергетика», PhD, доцент.

**A43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения:** XIV Международная научно-практическая конференция, 19 марта 2026г. / Подгот. А.А. Талтенов, У.Ш. Кокаев, Г.М. Тлепиева – Республика Казахстан, г.Астана, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», 2026. – 632 с.

**ISBN 978-601-385-216-4**

В сборник включены материалы XIV Международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 19 марта 2026 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам логистики, организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

**ISBN 978-601-385-216-4**

**УДК 656:620.9**  
**ББК 65.37+65.305.1**

© НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», 2026

### Секция 3 «СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

|  |     |
|--|-----|
| <p><b>Алимбекова А.Г.</b><br/>         ПЕРЕОПРЕДЕЛЕНИЕ КИЛОГРАММА: ПУТЬ К АБСОЛЮТНОЙ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ЕДИНИЦЫ МАССЫ</p>   | 381 |
| <p><b>Ахматжанова Н.Б., Ахмеджанова Ф.А.</b><br/>         РОЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ</p>   | 386 |
| <p><b>Ахмедова Н.Н., Абсеитов Е.Т.</b><br/>         ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МАРКИРОВКА УПАКОВКИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РК</p>   | 389 |
| <p><b>Баймурзина Г.К.</b><br/>         ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ: ИНСТРУМЕНТЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ</p>  | 394 |
| <p><b>Боранбаева К.А., Абсеитов Е.Т.</b><br/>         РИСК ОРИЕНТИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ</p>   | 400 |
| <p><b>Габиден Д.Г., Бектурганова Г.К.</b><br/>         САНДЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУДА НӘТИЖЕЛЕРДІҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАДАҒАЛАНУЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ИЕРАРХИЯЛЫҚ СХЕМАЛАРЫН ӨЗІРЛЕУ</p>   | 404 |
| <p><b>Гинаятова А.С., Килибаев Е.О., Ахмет А.Ә.</b><br/>         ҚР СТ ISO 19011–2019 ТАЛАПТАРЫНА СӘЙКЕС ЖОҒАРЫ БІЛІМ БЕРУ ҰЙЫМДАРЫНДАҒЫ ІШКІ АУДИТ ЖҮЙЕСІ</p>   | 408 |
| <p><b>Ермаханова Ф.Р., Билялова М.Н.</b><br/>         TQM ТҰЖЫРЫМДАМАЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУДЫ ЖЕТІЛДІРУ АРҚЫЛЫ КУЗОВ БОЯУ ПРОЦЕСІНІҢ ДӘЛДІГІ МЕН СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ</p>  | 413 |
| <p><b>Ертуганов К.М., Байхожаева Б.У., Кубенова М.М.</b><br/>         ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ В СФЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН: СРАВНИТЕЛЬНО-ПРАВОВОЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ ИНИЦИАТИВ</p> | 418 |
| <p><b>Есеркенов А.Б., Казангельдина Ж.Б.</b><br/>         АЗЫҚ-ТҮЛІК ӨНІМДЕРІН САҚТАУ ЖӘНЕ ТАСЫМАЛДАУ ПРОЦЕСІНДЕГІ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ РЕЖИМДЕРДІ БАҚЫЛАУДЫҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІ МЕН ҚҰРАЛДАРЫ</p>  | 423 |
| <p><b>Әбдіжәлел М., Тажиев С., Муртазин Е., Ережеп Д.</b><br/>         ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ ШУСКОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА НА ОСНОВЕ ПОДХОДА ISO GUM</p>   | 427 |
| <p><b>Жакиш Н.Е., Канаев А.Т.</b><br/>         ГАРМОНИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ С МЕЖДУНАРОДНЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ</p>   |     |

|  |     |
|--|-----|
| ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА В УСЛОВИЯХ ESG-ТРАНСФОРМАЦИИ  | 430 |
| <b>Жәнібек Ж.Ж., Хаймулдинова А.К.</b><br>ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫН ТҰРАҚТЫ ДАМУ ТҰРАҚТЫ ЖАҒДАЙЫНДА ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК БАЗАСЫН ЖЕТІЛДІРУ                                 | 433 |
| <b>Казиев А.С., Байхожаева Б.У.</b><br>РОЛЬ ВАЛИДАЦИИ МЕТОДИК КАЛИБРОВКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ   | 438 |
| <b>Караева Ю.А., Николаенко Е.В.</b><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОНУТРИЕНТОВ В КОНДИТЕРСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ  | 443 |
| <b>Қабылова М.М., Килибаев Е.О., Есмағамбет А.Д.</b><br>ISO 9001/14001/45001 ЖӘНЕ ISO/IEC 17025: ҚАЗАҚСТАН МЕТАЛЛУРГИЯСЫНДА СӘЙКЕСТІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ТЕТІКТЕРІ (KAZAKHMYC ЖӘНЕ KAZZINC КЕЙСТЕРІ) | 448 |
| <b>Лоскутова А.В.</b><br>КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ЯГОД ЕЖЕВИКИ: СТАНДАРТЫ И СЕРТИФИКАЦИЯ  | 453 |
| <b>Марат Е.А., Хаймулдинова А.К.</b><br>ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГИЯ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЕСЕПТЕГІШТЕРДІ ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ТЕКСЕРУДІ ЦИФРЛАНДЫРУ   | 458 |
| <b>Новикова Е.В., Куприна И.В.</b><br>СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ: ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ  | 462 |
| <b>Алмас Д.Т., Оспанова А.Т.</b><br>ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ТАУ-КЕН ӨНДІРУ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ ТАСЫМАЛДАУ ПРОЦЕСІНДЕГІ ЦИФРЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІКТІ БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ЖЕТІЛДІРУ                      | 465 |
| <b>Сахилаева Д.Б., Килибаев Е.О., Есмағамбет А.Д.</b><br>АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ НЕОДНОРОДНОСТЬ В ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕРАХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СКЛАДОВ                                  | 472 |
| <b>Таңатар Ә.М., Казангельдина Ж.Б.</b><br>МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ НЫСАНДАРЫН ТАҢДАУ КЕЗІНДЕГІ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ МӘРТЕБЕСІН СӘЙКЕСТЕНДІРУ МӘСЕЛЕЛЕРІ  | 477 |
| <b>Турсункулова Б.А., Есмағамбет А.Д.</b><br>ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ ЕАЭС В СФЕРЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ   | 480 |
| <b>Файзиев Ж.С.</b><br>ТРЕБОВАНИЯ СТАНДАРТОВ НА ОРГАНИЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН   | 484 |
| <b>Файзиев Ж.С.</b><br>ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ МОЛОКА В ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТАХ   | 488 |
| <b>Шарипова А.Т., Киргизбаева К.Ж.</b><br>ЖОЛ-ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН СЫНАУДЫҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТІЛУІ  | 491 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Шегай А.В., Байхожаева Б.У.</b><br>МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБЛАСТИ<br>ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В КАЗАХСТАНЕ:<br>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ | 496 |
|--|-----|

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБЛАСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В КАЗАХСТАНЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

**Шегай Алла Васильевна**

[allashegay@mail.ru](mailto:allashegay@mail.ru)

Магистрант 1 курса, кафедра «Стандартизация, сертификация и метрология»,  
НАО Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева  
Астана, Казахстан

**Байхожаева Бахыткуль Узаковна**

[Baixozhaeva63@mail.ru](mailto:Baixozhaeva63@mail.ru)

д.т.н., профессор кафедры «Стандартизации, сертификации и метрологии»,  
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

*Аннотация.* Стремительное развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Казахстане, обусловленное национальными обязательствами по достижению 15%-й доли ВИЭ в электрогенерации к 2030 году и углеродной нейтральности к 2060 году, требует создания надёжной метрологической инфраструктуры, обеспечивающей точность измерений и контроль качества на всех этапах производства, преобразования и распределения электроэнергии. В данной статье представлен комплексный анализ современной системы метрологического обеспечения ВИЭ в Казахстане, охватывающий секторы солнечной фотоэлектрической, ветровой, гидроэлектрической и биомассовой энергетики. В исследовании рассматриваются действующие национальные стандарты, калибровочная инфраструктура и законодательная база, выявляются системные пробелы — в особенности в части калибровки измерителей солнечного излучения, анемометров, анализаторов качества электроэнергии и измерительных систем интеллектуальных сетей, — а также предлагается структурированный план развития метрологических возможностей Казахстана в соответствии с международными ориентирами БИПМ, МОЗМ и МЭК. Ключевые выводы свидетельствуют о критическом дефиците первичных эталонов для измерений в сфере ВИЭ, недостаточных мощностях аккредитованных лабораторий и неполной гармонизации со стандартами ISO/IEC. Сформулированы политические рекомендации по развитию лабораторной сети, подготовке кадров и внедрению цифровых технологий калибровки.

*Ключевые слова:* метрологическое обеспечение; возобновляемые источники энергии; Казахстан; солнечная энергетика; ветроэнергетика; калибровка; национальные эталоны; энергетическая метрология; неопределённость измерений; МОЗМ.

Казахстан, являясь крупнейшей экономикой Центральной Азии и значительным источником выбросов парниковых газов, принял ряд амбициозных климатических и энергетических обязательств в рамках Концепции по переходу к «зелёной экономике» (2013), Национально определяемых вкладов (НОВ) в соответствии с Парижским соглашением (2016) и Доктрины углеродной нейтральности до 2060 года [1]. Эти обязательства воплощены в конкретных политических целях: достижение 15%-й доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в валовом производстве электроэнергии к 2030 году с последующим увеличением до 50% к 2050 году [2].

Реализация данных целей требует не только строительства генерирующих мощностей — ветровых электростанций, фотоэлектрических (ФЭ) установок, гидроэлектростанций и биомассовых объектов, — но и создания надёжной, международно признанной метрологической инфраструктуры, обеспечивающей точность измерений на всех этапах жизненного цикла технологий ВИЭ. [3]

Метрологическое обеспечение в контексте ВИЭ охватывает широкий спектр измерительных видов деятельности: оценка потенциала возобновляемых энергетических ресурсов (солнечная радиация, распределение скорости ветра, расходы водотоков);

характеристика и сертификация оборудования для преобразования энергии (солнечные панели, ветровые турбины, инверторы). [4]

Национальный метрологический институт (РГП «Казстандарт»), созданный при Комитете технического регулирования и метрологии Министерства промышленности и инфраструктурного развития, формирует основную нормативную базу метрологического надзора; тем не менее, существенные пробелы сохраняются в части эталонной базы, аккредитованных лабораторий и гармонизации стандартов с международными нормами. [5]

Сравнительный институциональный анализ проводился на основе метрологических структур Германии (ФТБ), Китая (НИМ) и Дании (ДФМ) — стран с развитыми секторами ВИЭ и признанными метрологическими компетенциями.

Анализ пробелов структурирован в соответствии с пятиуровневой моделью метрологической иерархии, предложенной Международным бюро мер и весов (БИПМ): национальные первичные эталоны — вторичные эталоны — рабочие эталоны — калибровочные лаборатории — полевые средства измерений. Оценка неопределённости выполнялась со ссылкой на ГОСТ ИСО/МЭК Руководство 98-3:2011 (GUM:2008). [6]

Основным законодательным актом, регулирующим метрологию в Казахстане, является Закон Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений» (№ 461-V от 7 июня 2014 года, с изменениями по 2023 год). Данный Закон устанавливает правовые основы государственного метрологического контроля. [7]

К дополнительным инструментам регулирования относятся: Закон о техническом регулировании (2004 г., с изменениями 2023 г.), предусматривающий принятие технических регламентов для энергетического оборудования; Постановление Правительства № 1203 (2018 г.) «О государственном энергетическом надзоре»; а также отраслевые нормативные акты Министерства энергетики, регламентирующие подключение объектов ВИЭ к национальной энергосистеме. Энергетический кодекс Республики Казахстан (2024 г.) дополнительно консолидирует нормативные требования к измерениям энергии и коммерческому учёту. [8]

По состоянию на 2024 год Казахстан принял в качестве СТ РК около 67% соответствующих стандартов МЭК в области измерений энергии — показатель, который, несмотря на прогресс по сравнению с 41% в 2018 году, по-прежнему свидетельствует о значительных пробелах в гармонизации. [9]

Нормативная база для измерений, специфичных для ВИЭ, включает стандарты, регулирующие оценку солнечных ресурсов, характеристики фотоэлектрических систем, ветровые измерения и учёт энергии. К числу ключевых принятых стандартов относятся: СТ РК МЭК 61724-1:2018 (Мониторинг характеристик фотоэлектрических систем), СТ РК МЭК 61400-12-1:2020 (Ветровые турбины — Измерения мощности) и СТ РК МЭК 62446 (Сетевые ФЭ системы — Требования к испытаниям и документации). [10]

Однако ряд критически важных стандартов остаётся непринятым или устаревшим. Рекомендация МОЗМ R 46 (Счётчики активной электрической энергии) частично имплементирована, однако не содержит дополнительных руководящих указаний по двунаправленному учёту, необходимому для объектов ВИЭ, подключённых к сети. [11]

В части электрических измерений (напряжение, ток, мощность, энергия) Казахстан располагает национальными первичными эталонами, прослеживаемыми к БИПМ через Соглашение о взаимном признании ККПМ, с зарегистрированными в базе ККДБ БИПМ калибровочными и измерительными возможностями (КИВ) для электрических величин. [12]

Казахстан в настоящее время не располагает национальным первичным эталоном солнечной радиации (измеряется в Вт/м<sup>2</sup>), полагаясь на вторичные эталоны (пиргелиометры Мировой стандартной группы, калиброванные в PMOD/WRC в Давосе, Швейцария) с интервалами калибровки от трёх до пяти лет. Это создаёт длинную цепочку прослеживаемости, вносящую дополнительную неопределённость измерений на каждом этапе передачи. [13]

Казахстан не располагает признанной в рамках Соглашения ККПМ первичной установкой с аэродинамической трубой; калибровки осуществляются через ФГУП

«ВНИИФТРИ» (Россия) или Физико-технический федеральный институт (ФТБ, Германия), что влечёт дополнительные затраты и логистические трудности. [14]

В таблице 1 представлено сводное состояние первичных и вторичных эталонов по ключевым измерительным величинам для ВИЭ в Казахстане.

Таблица 1

| Измерительная величина                  | Уровень эталона        | Цепочка прослеживаемости       | Ключевой недостаток  |
|---|------------------------|--------------------------------|--|
| Солнечная радиация (Вт/м <sup>2</sup> ) | Вторичный (ВСТ)        | PMOD/WRC (Швейцария)           | Отсутствует первичный эталон; длинная цепочка прослеживаемости |
| Скорость ветра (м/с)                    | Рабочий эталон         | ВНИИФТРИ (РФ) / ФТБ (Германия) | Отсутствует национальная аэродинамическая труба                |
| Качество электроэнергии (КГИ, cosφ)     | Рабочий эталон         | ФТБ (Германия)                 | Неполная регистрация КИВ                                       |
| Температура (°C) для биомассы           | Национальный первичный | БИПМ (Соглашение ККПМ)         | Отсутствует калибровка для биомассы                            |
| Расход воды (м <sup>3</sup> /с)         | Национальный первичный | БИПМ (Соглашение ККПМ)         | Пробелы для малой гидроэнергетики                              |

Система аккредитации калибровочных лабораторий Казахстана находится в ведении Национального центра аккредитации (НЦА) в соответствии с ИСО/МЭК 17025:2017. По состоянию на январь 2025 года 47 калибровочных лабораторий имеют аккредитацию НЦА в области электрических измерений; однако лишь 3 из них располагают официально задекларированными областями аккредитации. [15]

Географическое распределение аккредитованных лабораторий крайне неравномерно: 61% сосредоточены в Алматы и Астане, тогда как Жамбылская, Кызылординская и Мангистауская области — где сконцентрированы крупные проекты солнечных ВИЭ — практически лишены доступных калибровочных услуг.

Сектор солнечной энергетики Казахстана переживает стремительный рост: установленная мощность к концу 2024 года достигла 2 847 МВт, а объекты в стадии строительства должны довести общую мощность примерно до 4 100 МВт к 2026 году. [2]

Ветровая энергетика является доминирующим компонентом портфеля ВИЭ Казахстана по объёму планируемых вводов мощности, особенно в Акмолинской, Жамбылской и Алматинской областях. Метрологические проблемы в данном секторе включают отсутствие национально аккредитованных услуг по измерению кривой мощности на гондоле в соответствии с МЭК 61400-12-2, отсутствие калибровочных установок для LIDAR и SODAR для профилирования ветра, а также несогласованные практики калибровки среди независимых энергетических консультантов, проводящих оценку ветровых ресурсов.

Ведущие страны в области развёртывания ВИЭ сформировали специализированную метрологическую инфраструктуру, которую Казахстан может использовать в качестве ориентира. ФТБ Германии располагает специализированными калибровочными возможностями для измерения квантовой эффективности солнечных элементов, измерения преобразования мощности инвертора и поверки интеллектуальных счётчиков — с более чем 130 зарегистрированными КИВ в области электрических измерений.

Европейский опыт в рамках программы EMPIR (Европейская метрологическая программа инноваций и исследований) обогатился серией совместных исследовательских проектов, непосредственно касающихся метрологии ВИЭ.

Систематический анализ выявил пробелы на всех пяти уровнях метрологической иерархии.

В таблице 2 представлен структурированный анализ пробелов по секторам и уровням метрологической иерархии.

Таблица 2

| Сектор ВИЭ                             | Пробел в стандартах/эталонах  | Пробел в мощностях лабораторий  | Приоритетное действие   |
|--|---|---|---|
| Солнечная ФЭ-энергетика                | Отсутствует первичный эталон облучённости; ИСО 9060 не полностью принят               | Нет аккредитованной спектрорадиометрической лаборатории; 3 лаборатории для ФЭ-измерений | Создать первичный пиргелиометр (WRR); организовать ФЭ-калибровочный центр в Алматы      |
| Ветроэнергетика                        | Нет национальной аэродинамической трубы; калибровка по МЭК 61400-12-2 отсутствует     | Нет аккредитованной лаборатории калибровки анемометров                                  | Построить национальную аэродинамическую трубу; аккредитовать 2 лаборатории по МЭК 61400 |
| Гидроэнергетика                        | Первичный эталон расхода воды существует, но не применяется для малой гидроэнергетики | Отсутствует калибровка расходомеров для микро-ГЭС                                       | Расширить КИВ на малую гидроэнергетику; принять методы МЭК 60041                        |
| Биомасса                               | Стандарты калориметрии сгорания не гармонизированы для контекста ВИЭ                  | Ограниченное число лабораторий испытания биомассы в регионах                            | Принять EN 14918 как СТ РК; расширить региональную лабораторную сеть                    |
| Умные сети / производитель-потребитель | Стандарты двунаправленного учёта неполны (пробел МОЗМ R46)                            | Нет лабораторий с аккредитацией для проверки двунаправленных смарт-счётчиков            | Принять МЭК 62056 DLMS/COSEM; аккредитовать лаборатории смарт-учёта                     |

На основе анализа пробелов и международного передового опыта настоящее исследование предлагает трёхуровневую стратегическую концепцию развития метрологического обеспечения ВИЭ в Казахстане.

Первый уровень — Неотложные приоритеты (2026–2028 гг.): создание Центра солнечной метрологии при Институте физики и математики в Алматы, оснащённого первичным пиргелиометром с прослеживаемостью к Мировому радиометрическому эталону (МРЭ) и вторичными пиранометрами; принятие ИСО 9060:2018 и ASTM E816 в качестве национальных стандартов; разработка национальных методических руководств по измерению солнечной радиации в климатических условиях Казахстана.

Второй уровень — Среднесрочное развитие (2028–2031 гг.): строительство национальной аэродинамической трубы (до 100 м/с) в партнёрстве с МГТУ им. Н.Э. Баумана или ФТБ в рамках двустороннего соглашения о техническом сотрудничестве; разработка записей КИВ в базе ККДБ БИПМ для величин солнечной радиации и скорости ветра; внедрение национальной схемы поверки смарт-счётчиков для двунаправленного учёта в двунаправленных установках; создание региональной калибровочной сети с узловыми лабораториями в Алматы, Астане, Шымкенте и Актау.

Третий уровень — Долгосрочная трансформация (2031–2060 гг.): полная интеграция метрологической инфраструктуры Казахстана в деятельность ЕВРОМЕТ или Азиатско-Тихоокеанской программы метрологии (АППМ); разработка отечественного программного обеспечения калибровки с оценкой неопределённости по GUM для измерений ВИЭ; приведение всех применимых стандартов в области измерений энергии в соответствие с действующими версиями МЭК и ИСО; создание Центра передового опыта в области энергетической метрологии, оказывающего услуги центральноазиатским соседним государствам.

Выявленные пробелы не являются лишь техническими неудобствами — они влекут конкретные экономические, регуляторные и стратегические последствия.

На регуляторном уровне отсутствие аккредитованной поверки смарт-счётчиков для двунаправленного учёта создаёт неопределённость в расчётах энергетических потоков между двунаправленными установками и сетью — категорией, стремительно растущей в рамках казахстанского регулирования нетто-учёта.

Вместо создания принципиально новых национальных метрологических институтов — подхода, который оказался неэффективным в ряде переходных экономик, — рекомендации отдают приоритет целевому наращиванию потенциала «Казстандарт», стратегической аккредитации отдельных частных лабораторий и системному использованию каналов двустороннего и многостороннего технического сотрудничества.

Отсутствие в открытом доступе исчерпывающих данных об эффективности калибровочных лабораторий Казахстана не позволяет провести количественную оценку общих уровней неопределённости измерений по сектору ВИЭ.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что, несмотря на наличие в Казахстане функционирующей общей метрологической инфраструктуры с устоявшимися национальными эталонами для основных электрических величин, существуют значительные и требующие срочного решения пробелы в области измерительных возможностей, специфичных для ВИЭ.

Предложенная трёхуровневая стратегическая концепция — охватывающая неотложные меры по аккредитации лабораторий и принятию стандартов, среднесрочные инфраструктурные инвестиции и долгосрочную международную интеграцию — определяет структурированный путь устранения этих пробелов в соответствии с энергетическими и климатическими обязательствами Казахстана. Успешная реализация данной концепции позволит Казахстану занять лидирующее положение в области энергетической метрологии в Центральной Азии, обеспечивая калибровочные и аттестационные услуги соседним государствам и подтверждая свою приверженность международным признанным стандартам измерений.

#### Список использованных источников

1. Республика Казахстан. (2019). Доктрина углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. Астана: Правительство Республики Казахстан.
2. Министерство энергетики Республики Казахстан. (2024). Отчёт о развитии возобновляемых источников энергии в Казахстане: итоги 2024 года и прогнозы до 2030 года. Астана: Министерство энергетики.
3. Pavese, F., & Molinar, G. F. (Eds.). (2013). *Modern Gas-Based Temperature and Pressure Measurements* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8282-7>

4. Meyer, E. L., & Ernest, E. V. (2021). Metrology for photovoltaics: Bridging the gap between research and industrial measurement. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 29(3), 317–340. <https://doi.org/10.1002/pip.3378>
5. Seitkali, A. B., & Nurmagambetov, R. K. (2023). Metrological infrastructure development in Kazakhstan: Progress and challenges in the context of technical regulation reform. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 207, 112345. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112345>
6. JCGM 100:2008. (2008). Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Joint Committee for Guides in Metrology. BIPM, Sèvres.
7. Закон Республики Казахстан № 461-V от 7 июня 2014 г. «Об обеспечении единства измерений». Астана: Парламент Республики Казахстан.
8. Республика Казахстан. (2024). Энергетический кодекс Республики Казахстан. Астана: Правительство Республики Казахстан.
9. Комитет технического регулирования и метрологии. (2024). Годовой отчёт о техническом нормировании в Казахстане за 2023 год. Астана: МИИР РК.
10. Международная электротехническая комиссия. (2017). МЭК 61724-1: Мониторинг характеристик фотоэлектрических систем — Часть 1: Мониторинг. Женева: МЭК.
11. Международная организация законодательной метрологии. (2020). МОЗМ R 46-1&2: Счётчики активной электрической энергии. Париж: МОЗМ.
12. БИПМ ККДБ. (2025). Калибровочные и измерительные возможности — Казахстан. Международное бюро мер и весов. <https://www.bipm.org/kcdb/>
13. World Radiation Reference. (2023). International Pyrheliometer Comparisons IPC-XIII: Results and Analysis. PMOD/WRC Technical Report. Davos: PMOD/WRC.
14. Emeis, S. (2018). *Wind Energy Meteorology: Atmospheric Physics for Wind Power Generation* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72859-9>
15. Национальный центр аккредитации Казахстана. (2025). Реестр аккредитованных органов по подтверждению соответствия. Астана: НЦА. <https://nac.kz>