

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> ПЕРЕОПРЕДЕЛЕНИЕ КИЛОГРАММА: ПУТЬ К АБСОЛЮТНОЙ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ЕДИНИЦЫ МАССЫ</p>	381
<p><b>Ахматжанова Н.Б., Ахмеджанова Ф.А.</b> РОЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ</p>	386
<p><b>Ахмедова Н.Н., Абсеитов Е.Т.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МАРКИРОВКА УПАКОВКИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РК</p>	389
<p><b>Баймурзина Г.К.</b> 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> РИСК ОРИЕНТИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ</p>	400
<p><b>Габиден Д.Г., Бектурганова Г.К.</b> 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> 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> 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> 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> 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> 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> 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> ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫН ТҰРАҚТЫ ДАМУ ТҮРАҚТЫ ЖАҒДАЙЫНДА ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК БАЗАСЫН ЖЕТІЛДІРУ	433
<b>Казиев А.С., Байхожаева Б.У.</b> РОЛЬ ВАЛИДАЦИИ МЕТОДИК КАЛИБРОВКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ	438
<b>Караева Ю.А., Николаенко Е.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОНУТРИЕНТОВ В КОНДИТЕРСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	443
<b>Қабылова М.М., Килибаев Е.О., Есмағамбет А.Д.</b> ISO 9001/14001/45001 ЖӘНЕ ISO/IEC 17025: ҚАЗАҚСТАН МЕТАЛЛУРГИЯСЫНДА СӘЙКЕСТІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ТЕТІКТЕРІ (KAZAKHMYC ЖӘНЕ KAZZINC КЕЙСТЕРІ)	448
<b>Лоскутова А.В.</b> КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ЯГОД ЕЖЕВИКИ: СТАНДАРТЫ И СЕРТИФИКАЦИЯ	453
<b>Марат Е.А., Хаймулдинова А.К.</b> ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГИЯ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЕСЕПТЕГІШТЕРДІ ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ТЕКСЕРУДІ ЦИФРЛАНДЫРУ	458
<b>Новикова Е.В., Куприна И.В.</b> СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ: ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ	462
<b>Алмас Д.Т., Оспанова А.Т.</b> 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> АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ НЕОДНОРОДНОСТЬ В ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕРАХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СКЛАДОВ	472
<b>Таңатар Ә.М., Казангельдина Ж.Б.</b> МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ НЫСАНДАРЫН ТАҢДАУ КЕЗІНДЕГІ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ МӘРТЕБЕСІН СӘЙКЕСТЕНДІРУ МӘСЕЛЕЛЕРІ	477
<b>Турсункулова Б.А., Есмағамбет А.Д.</b> ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ ЕАЭС В СФЕРЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	480
<b>Файзиев Ж.С.</b> ТРЕБОВАНИЯ СТАНДАРТОВ НА ОРГАНИЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН	484
<b>Файзиев Ж.С.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ МОЛОКА В ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТАХ	488
<b>Шарипова А.Т., Киргизбаева К.Ж.</b> ЖОЛ-ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН СЫНАУДЫҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТІЛУІ	491

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

УДК 389.1:53.089.6

### ПЕРЕОПРЕДЕЛЕНИЕ КИЛОГРАММА: ПУТЬ К АБСОЛЮТНОЙ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ЕДИНИЦЫ МАССЫ

Алимбекова Алия Габитовна

[a.alimbekova@ksm.kz](mailto:a.alimbekova@ksm.kz)

Магистрант кафедры «Стандартизация, сертификация и метрология»,

ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель: ст.преподаватель, к.х.н. Бектурганова Г. К.

*Аннотация.* В статье рассматриваются история, современное состояние и перспективы измерения массы – одной из основных физических величин Международной системы единиц (СИ). Анализируются принципиальные различия между понятиями «масса» и «вес», исторический путь от национальных мер к созданию Международного прототипа килограмма (МПК) и выявление его метрологической нестабильности. Особое внимание уделяется переходу на новое определение килограмма, принятому 20 мая 2019 года, основанному на фиксированном числовом значении постоянной Планка, а также методам воспроизведения единицы массы — весам Киббла, джоуль-весам и методу рентгеновской кристаллической денситометрии (XRCD). Описываются результаты международных ключевых сличений ССМ.М-К8.2019 и ССМ.М-К8.2021, проводимых под эгидой Международного бюро мер и весов (МБМВ), а также механизм формирования консенсусного значения килограмма. Показано, что реформа определения килограмма обеспечила метрологическую прослеживаемость на уровне фундаментальных физических констант, открыв возможности для нанометрологии и атомарных измерений.

*Ключевые слова:* килограмм, масса, метрология, единицы измерения, постоянная Планка, Международный прототип килограмма, весы Киббла, метрологическая прослеживаемость, МБМВ, консенсусное значение, переопределение СИ, международные сличения, нанометрология.

Масса – одна из фундаментальных физических величин, которая играет ключевую роль во всех областях человеческой деятельности. Она характеризует количество вещества в теле и его инертность, то есть способность сопротивляться изменению состояния покоя или движения под действием внешней силы. Иными словами, чем больше масса тела, тем труднее изменить его скорость или направление движения. Масса отражает внутреннее свойство материи и не зависит от её местоположения или условий внешней среды. Масса является неотъемлемым элементом законов физики и инженерных расчётов, и её точное определение критически важно как для научных открытий, так и для повседневной жизни. [1]

От научных исследований, где измерение массы требуется при изучении элементарных частиц и космических объектов, до промышленного производства, где контроль массы сырья и готовой продукции обеспечивает стабильное качество и соответствие стандартам, – везде необходимы точные и воспроизводимые результаты. Даже в сфере торговли измерения массы являются основой честных сделок, определяя цену и количество товара. Точность измерения массы напрямую влияет на безопасность продукции, особенно в таких критичных областях, как фармацевтика, пищевая промышленность и аэрокосмическая техника.

Недостовверные результаты могут привести к серьёзным последствиям: от нарушения технологических процессов до угрозы жизни и здоровью людей. Экономическая эффективность также зависит от точных измерений. Ошибки в определении массы при крупных объёмах производства или транспортировки могут обернуться многомиллионными убытками. В международной торговле результаты измерений служат основой для взаимного доверия между партнёрами. [2]

Именно поэтому метрология массы в современном мире развивается под влиянием процессов глобализации, цифровизации и всё более строгих требований к метрологической прослеживаемости – то есть способности отследить цепочку измерений до национальных и международных эталонов.

Сегодня измерения массы тесно связаны с развитием высокоточных технологий, автоматизированных систем контроля и обмена данными. Интеграция измерительного оборудования с цифровыми платформами, использование Интернета вещей и искусственного интеллекта позволяют в реальном времени отслеживать параметры производства и логистики. [3]

Таким образом, масса перестала быть просто физическим понятием – она стала важным элементом цифровой экономики.

В Международной системе единиц (СИ) основной единицей массы является килограмм (кг). Это одна из семи базовых единиц СИ, на основе которой определяются многие другие физические величины.

Вес – это не масса, а сила, с которой тело действует на опору или подвес в результате гравитационного притяжения.

Он измеряется в ньютонах (Н) и зависит от ускорения свободного падения  $g$  в месте нахождения объекта.

Поскольку ускорение свободного падения может различаться в зависимости от планеты, высоты над уровнем моря и даже географической широты, вес одного и того же объекта в разных точках может быть разным, хотя масса при этом останется неизменной. [4]

Например:

– гири массой 5 кг на Земле имеет вес примерно  $5 \times 9,81 \approx 49$  Н.

– та же гиря на Луне будет весить около  $5 \times 1,62 \approx 8,1$  Н, но её масса останется 5 кг.

Ключевые отличия массы и веса приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика	Масса	Вес
Что измеряет	Количество вещества, инертность	Силу гравитационного притяжения
Единицы измерения	Килограммы (кг)	Ньютоны (Н)
Зависимость от гравитации	Не зависит	Прямо пропорционален ускорению свободного падения
Изменяется при перемещении	Нет	Да

Понимание этой разницы особенно важно в науке, инженерии, а также в торговле, где измеряется именно масса, чтобы избежать влияния гравитационных различий.

В аэрокосмической отрасли корректное использование понятий «масса» и «вес» критично для расчётов траекторий, нагрузок и расхода топлива.

До конца XIX века в разных странах применялись собственные меры массы – фунты, унции, пуды, аршины и др., зачастую отличавшиеся даже внутри одной страны.

Это мешало торговле и науке, поэтому в 1875 году был подписан Метрический договор, создавший единую международную систему мер и единиц. В рамках этого договора в 1889 году был изготовлен и принят Международный прототип килограмма (МПК) – цилиндр из платино-иридиевого сплава (90% Pt и 10% Ir), хранящийся в Международном бюро мер и весов (BIPM) в Севре, Франция. [5]

Когда был принят МПК, казалось, что создана абсолютная и неизменная основа для всех измерений массы. МПК весом ровно 1 килограмм при температуре 0°C стал эталоном, с которым сверялись и сверяются по нынешний день все национальные копии, обеспечивая единообразие измерений во всём мире.

Каждая страна-участник имела свои официальные копии МПК, которые периодически сверялись с оригиналом в ВIRM.

Цилиндр из платино-иридиевого сплава был выбран из-за устойчивости к коррозии и высокой плотности, что позволяло минимизировать внешние воздействия. Его хранили в идеальных условиях. Это три стеклянных колпака для защиты от пыли и влаги и сейф с контролем температуры и влажности. Доступ к нему имели только специально уполномоченные сотрудники ВIRM. [6]

Тем не менее, уже к середине XX века начали появляться признаки того, что масса МПК меняется. За более, чем 100 лет его масса уменьшилась примерно на 50 микрограммов по сравнению со своими официальными копиями, которые хранились в других странах.

Это количество соответствует массе одной крошечной песчинки, но в мире метрологии это огромная проблема, так как погрешность в десятки микрограммов означает значительное отклонение при калибровке национальных эталонов, а ошибки в эталонах накапливаются и влияют на все средства измерений по цепочке прослеживаемости. [7]

Возможной причиной изменения массы может быть микроскопическое загрязнение поверхности, т.к. даже хранение под стеклянными колпаками не исключает адсорбции загрязнений. Чистка может удалять загрязнение, но также и может повредить поверхность или удалить частички материала.

Также возможно постепенное удаление атомов (изнашивание, контакт, трение), т.к. даже минимальные манипуляции (извлечение, перемещение) могут вызывать потерю массы. Хотя прямой экспериментальный механизм “несколько слоёв атомов слетают при контакте” в источниках не детализируется, идея вполне соответствует физической реальности для очень точных масс. [8]

Возможны химические реакции с окружающей средой. Несмотря на устойчивость сплава (Pt-Ir), всё же возможны медленные реакции, адсорбции, образования тонких слоёв загрязнения или окислов. Мог образовываться тончайший слой окислов, который затем мог частично отслаиваться.

Не последнюю роль играют механические воздействия при работе с прототипом. Каждый раз, когда прототип извлекали для сравнения с копиями, он подвергался вибрациям, небольшим ударам и микроскопическим сдвигам. Даже минимальное воздействие при перекладывании или установке могло вызвать потерю нескольких атомов с поверхности.

Почему же вопрос изменения веса МПК был настолько критичен. Поскольку килограмм был определён как масса МПК, то любая её неустойчивость означала, что «килограмм» (и всё, что от него зависит) может меняться на микроуровне.

А это имеет огромное значение для:

- научных измерений (физика, химия) – точность фундаментальных констант, свойств материалов;
- промышленности/фармацевтики/торговли – даже небольшие отклонения при длинной цепочке калибровки могут накапливаться;
- системы единиц: килограмм является базовой единицей SI и через него зависят другие единицы (ньютон, джоуль и др.).

И именно из-за этого, 20 мая 2019 года, в день, когда отмечается Всемирный день метрологии, была принята новая дефиниция килограмма, основанная на постоянной Планка, а не на одном физическом объекте. [9]

Теперь килограмм получил новое определение и основан на фундаментальной физической константе - постоянной Планка ( $h$ ):  $h=6,62607015 \times 10^{-34}$  Дж·с.

Постоянная Планка связывает энергию фотона с его частотой ( $E=h\nu$ ) и является ключевым параметром квантовой физики. Поскольку константы природы неизменны, такое определение делает килограмм стабильным навсегда.

Новое определение килограмма дает в принципе любому национальному метрологическому институту (НМИ) возможность воспроизводить килограмм, используя

весы Киббла или джоуль-весы либо применяя рентгеновский метод определения плотности кристаллов.

Тем не менее, Консультативный комитет по массе и связанным с ней величинам (ККМ) в 2017 году, рассмотрев результаты различных экспериментов по воспроизведению, принял решение о том, что первоначально передача размера килограмма должна координироваться на международном уровне на основе так называемого «консенсусного значения» до тех пор, пока дисперсия между значениями не станет совместимой с неопределенностями воспроизведения, полученными отдельными институтами.

Консенсусное значение может рассматриваться как согласованное на международном уровне среднее значение воспроизведения килограмма и определяется Целевой группой по фазам передачи размера килограмма (МЦГФ). Оно основано на результатах сличений по воспроизведению килограмма с использованием различных методов.

С целью определения уровня согласованности между воспроизведениями килограмма в различных НМИ и предоставления информации для расчета первого консенсусного значения ККМ были проведены первые ключевые сличения по воспроизведению килограмма, ССМ.М-К8.2019.

В качестве экспериментальной лаборатории было выбрано МБМВ, как и в случае пилотных исследований, проведенных ККМ в 2016 году. Семь лабораторий (Южная Корея, Китай, США, Япония, Германия, Канада и МБМВ) приняли участие в осуществлении проекта с использованием весов Киббла (преобразование измерения массы в измерение электрической мощности), джоуль-весов и рентгеновского метода определения плотности кристаллов.

Масса создаёт механическую силу под действием гравитации. Эта сила уравнивается электромагнитным полем катушки, через которую протекает электрический ток. Мощность электрического тока определяется через квантовые эффекты – эффект Джозефсона (связь напряжения и частоты) и квантовый эффект Холла (связь сопротивления и постоянных природы). Весы Киббла позволяют напрямую связать массу с фундаментальными константами, минуя материальные эталоны.

Каждый участник определил массу в вакууме одного или двух эталонов 1 кг в соответствии со своим методом воспроизведения. В МБМВ все эталоны массы сличались с образцовым эталоном в вакуумном компараторе. Эти взвешивания, а также значения массы, определенные участниками, позволили сравнивать согласованность отдельных воспроизведений. [10] Был успешно проведен тест на критерий согласия Хи-квадрат с использованием 95%-ного критерия отсечения, несмотря на то, что оба результата с наименьшей неопределенностью не соответствовали друг другу (см. рисунок).

Средне-взвешенное значение результатов участников для эталона массы 1 кг отклоняется на -0,019 мг от базового значения единицы массы, «поддерживаемой» МБМВ, которое прослеживается до МПК. Результаты доступны в базе данных ключевых сличений МБМВ.

Целевая группа ККМ по передаче килограмма рассчитала консенсусное значение как среднее арифметическое результатов калибровок с использованием МПК в 2014 году, пилотных сличений по воспроизведению килограмма 2016 года и ключевого опорного значения сличений ССМ.М-К8.2019.

Консенсусное значение для массы МПК, определенное таким образом, составляет 1 кг - 0,002 мг. Стандартная неопределенность составляет 0,020 мг. Для прослеживаемости единицы массы СИ будет взято консенсусное значение килограмма. Поскольку консенсусное значение соответствует значению 1 кг в пределах его неопределенности, корректировка между народной шкалы массы не требуется. Однако НМИ, заявившие СМС ниже или близко к 0,020 мг на уровне 1 кг, должны будут увеличить неопределенность своих калибровок.

Для своих государств-членов МБМВ будет продолжать обеспечивать калибровки прототипов PtIr весом 1 кг и эталонов массы из нержавеющей стали, которые будут прослеживаться до постоянной Планка через консенсусное значение. Целевая группа ККМ

по передаче размера килограмма после переопределения «Расчет согласованного значения килограмма-2020» доступна на веб-сайте МБМВ.

В январе 2023 года завершилось второе ключевое сличение, организованное BIPM, CCM.M-K8.2021 по реализации определения килограмма, основанного на фиксированном числовом значении постоянной Планка.

Цель сличения состояла в том, чтобы определить уровень соответствия между реализациями килограмма с использованием ватт-весов, джоуль весов и метода рентгеновской плотности кристаллов (XRCD) и предоставить исходные данные для расчета второго «консенсусного значения» килограмма.

Другой целью было определение воспроизводимости экспериментов путем сравнения новых результатов с результатами первого ключевого сличения реализации килограмма CCM.M-K8.2019.

В сличениях участвовали девять организаций: BIPM (Франция), LNE (Франция), METAS (Швейцария), NIST (США), NRC (Канада) и UME (Турция) использовали ватт-весы, NIM (Китай) использовал джоуль-весы, а NMJJ (Япония) и PTB (Германия) участвовали в сличениях с использованием моноизотопных кремниевых шаров, массы которых были определены с помощью метода XRCD. Эти методы реализации использовались для калибровки эталонных гирь массой 1 кг в вакууме и в воздухе.

Актуальные результаты реализации переопределения килограмма приведены в таблице 2.

Таблица 2

Итоговые результаты	Отклонение массы 1 кг, мкг	Стандартная неопределенность, мкг
Контрольное значение пилотного исследования (2016)	12,4	11,4
Первое консенсусное значение килограмма (CCM.K8.2019)	-18,8	8,1
Второе консенсусное значение килограмма (CCM.K8.2021)	-15,2	7,4
Расчитанное консенсусное значение килограмма (среднее арифметическое)	-7,2	20

Реформа определения килограмма позволила сделать эту единицу воспроизводимой в любой лаборатории мира, где имеется необходимое измерительное оборудование.

Теперь значение килограмма больше не зависит от состояния единственного физического объекта, как это было ранее с международным прототипом.

Благодаря новой системе удалось достичь предельно высокой точности – вплоть до миллиардных долей килограмма, что открыло возможности для развития нанометрологии и проведения измерений на уровне масс отдельных молекул и атомов.

Использование консенсусного значения для килограмма обеспечивает глобальную согласованность. Конечная цель процесса перехода на новое определение единицы массы килограмма, состоит в том, чтобы обеспечить надежное и последовательное распространение результатов индивидуальных экспериментов по реализации переопределения.

Измерение массы прошло путь от простых механических устройств до сложных квантовых систем, опирающихся на фундаментальные физические константы.

В современном мире точность и прослеживаемость измерений массы – это не только технический вопрос, но и условие доверия в международной торговле, науки и промышленности.

#### Список использованных источников

1. Ю.Каменских, В.Снегов «Высокоточные изменения массы». Учебное пособие, Санкт-Петербург, 2025

2. Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). The International System of Units (SI), 9th Edition, 2019.
3. Robinson, I. «Kibble balance measurements of the Planck constant» Metrologia, 2019, 56(4).
4. Zhang, Z., «Advances in mass metrology» Measurement, 2021, 177.
5. ГОСТ OIML R 76-1-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования.
6. ГОСТ OIML R 111-1-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Гири классов E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 и M3. Часть 1. Метрологические и технические требования.
7. Милльс, И.М., Мозес, П. Метрология: Основы и современные достижения. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2020.
8. Stock M., Barat P., Davis R., Picard A., Milton M. «Calibration campaign against the International Prototype of the kilogram: Part I: comparison of the International Prototype with its official copies» Metrologia, 2015. Vol. 52. P. 310-316.
9. Stock M., Barat P. et al. Comparison of future realizations of the kilogram. Metrologia. 2018. Vol. 55. TI-T7.
10. Stock M., Conceição P. et al. Report on the CCM key comparison of kilogram realizations CCM.M-K8.2019. Metrologia. 2020. Vol. 57. Tech. Suppl. 07030.

УДК 006.91:658.7:004

## **«РОЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ»**

**Ахмаджанова Нафиса Бахтиеровна**

студент Самаркандского института экономики и сервиса.

г. Самарканд, Республика Узбекистан

**Ахмеджанова Фарида Абдухалимовна**

[farida.ahmedjanova@mail.ru](mailto:farida.ahmedjanova@mail.ru)

к.т.н., и.о. профессора Самаркандского института экономики и сервиса.

г. Самарканд, Республика Узбекистан

*Аннотация.* В статье анализируется значение метрологического обеспечения в логистике в условиях усложнения логистических процессов и глобализации цепей поставок. Рассматривается роль точности измерений при приёмке, транспортировке, хранении, обработке и доставке грузов. Особое внимание уделяется применению современных цифровых технологий, включая датчики на основе IoT, электронные весовые системы, автоматизированные сканирующие технологии и аналитику больших данных в логистических операциях. Обосновано, что эффективное внедрение метрологических систем повышает операционную эффективность, снижает логистические затраты, минимизирует ошибки, связанные с человеческим фактором, обеспечивает соответствие международным стандартам и повышает доверие клиентов. Метрологический контроль рассматривается как ключевой фактор повышения конкурентоспособности и устойчивости логистических компаний на глобальном рынке.

*Ключевые слова:* логистика, метрология, точность измерений, IoT-технологии, автоматизированные системы, большие данные, международные стандарты, логистическая цепочка поставок, логистическая система.

В современных условиях стремительного развития глобальной экономики, роста объёмов международной торговли и всё большей усложнённости цепочек поставок требования к логистическим системам значительно возрастают. Эффективность, безопасность и надёжность логистических процессов во многом зависят от точности измерений и управленческих решений, принимаемых на основе их результатов. В этой связи