OIML BULLETIN

VOLUME LVI • NUMBER 1
JANUARY 2015

Quarterly Journal

Organisation Internationale de Métrologie Légale

ISSN 0473-2812

The CIML meets in Auckland, New Zealand
for its 49th meeting

BULLETIN
VOLUME LVI • NUMBER 1

JANUARY 2015

THE OIML BULLETIN IS THE QUARTERLY JOURNAL OF THE ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE

The Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), established 12 October 1955, is an inter-governmental organization whose principal aim is to harmonize the regulations and metrological controls applied by the national metrology services of its Members.

EDITOR-IN-CHIEF: Stephen Patoray
EDITOR: Chris Pulham

THE ONLINE BULLETIN IS FREE OF CHARGE

ISSN 0473-2812

PRINTED IN FRANCE

JOSÉ MOYARD IMPRIMEUR
8 RUE ROBERT SCHUMAN
10300 SAINTE SAVINE

OIML PRESIDIUM AND PRESIDENTIAL COUNCIL

PRESIDENT
Peter Mason (UNITED KINGDOM)

VICE-PRESIDENTS
Roman Schwartz (GERMANY)
YUKINOBU MIKI (JAPAN)

MEMBERS (IN ALPHABETICAL ORDER)
Stuart Carstens (SOUTH AFRICA)
Pu Changcheng (P.R. CHINA)
Charles D. Ehrlich (UNITED STATES)
Alan E. Johnston (CANADA)
Corinne Lagauterie (FRANCE)
Cees van Mullem (NETHERLANDS)
Philippe Richard (SWITZERLAND)
Valérie Villière (AUSTRALIA)

Stephen Patoray (DIRECTOR OF BIML)

OIML SECRETARIAT

BUREAU INTERNATIONAL DE MÉTROLOGIE LÉGALE (BIML)

11 RUE TURGOT – 75009 PARIS – FRANCE

TEL: 33 (0)1 4878 1282
FAX: 33 (0)1 4282 1727
INTERNET: www.oiml.org or www.oiml.int
www.metrologyinfo.org

BIML STAFF

DIRECTOR
Stephen Patoray (stephen.patoray@oiml.org)

ASSISTANT DIRECTORS
Ian Dunmill (ian.dunmill@oiml.org)
Willem Kool (willem.kool@oiml.org)

STAFF MEMBERS (IN ALPHABETICAL ORDER)
Jalil Adnani: Database Systems Management (jalil.adnani@oiml.org)

Jean-Christophe Esmiol: IT Systems Management (jean-christophe.esmiol@oiml.org)

Florence Martinie: Administrator, Finance (florence.martinie@oiml.org)

Luis Mussio: Engineer (luis.mussio@oiml.org)

Chris Pulham: Editor/Webmaster (chris.pulham@oiml.org)

Patricia Saint-Germain: Administrator, Members (patricia.saint-germain@oiml.org)

OIML MEMBER STATES

ALBANIA
ALGERIA
AUSTRALIA
AUSTRIA
BELARUS
BELGIUM
BRAZIL
BULGARIA
CAMEROON
CANADA
P.R. CHINA
COLOMBIA
CROATIA
CUBA
CYPRUS
CZECH REPUBLIC
DENMARK
EGYPT
FINLAND
FRANCE
GERMANY
GREECE
HUNGARY
INDIA
INDONESIA
ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN
IRELAND
ISRAEL
ITALY
JAPAN
KAZAKHSTAN
KENYA
REP. OF KOREA
MACEDONIA, THE FORMER YUGOSLAV REPUBLIC OF
MONACO
MOROCCO
NETHERLANDS
NEW ZEALAND
NORWAY
PAKISTAN
POLAND
PORTUGAL
ROMANIA
RUSSIAN FEDERATION
SAUDI ARABIA
SERBIA
SLOVAKIA
SLOVENIA
SOUTH AFRICA
SPAIN
SRI LANKA
SWEDEN
SWITZERLAND
TANZANIA
TUNISIA
TURKEY
UNITED KINGDOM
UNITED STATES OF AMERICA
VIETNAM
ZAMBIA

OIML CORRESPONDING MEMBERS

ARGENTINA
AZERBAIJAN
BAHRAIN
BANGLADESH
BARBADOS
BENIN
BOSNIA AND HERZEGOVINA
BOTSWANA
CAMBODIA
COSTA RICA
DOMINICAN REPUBLIC
ESTONIA
FIJI
GABON
GAMBIA
GEORGIA
GHANA
GUATEMALA
GUINEA
HONG KONG, CHINA
ICELAND
IRAQ
JORDAN
DPR KOREA
KUWAIT
KYRGYZSTAN
LATVIA
LIBERIA
LIBYA
LITHUANIA
LUXEMBURG
MADAGASCAR
MALAWI
MALAYSIA
MALTA
MAURITANIA
MAURITIUS
MEXICO
MOLDOVA
MONGOLIA
MONTENEGRO
MOZAMBIQUE
NAMIBIA
NEPAL
NIGERIA
OMAN
PANAMA
PAPUA NEW GUINEA
PARAGUAY
PERU
QATAR
RWANDA
SEYCHELLES
SIERRA LEONE
SINGAPORE
SUDAN
SYRIA
CHINESE TAIPEI
THAILAND
TRINIDAD AND TOBAGO
UEMOA
UGANDA
UKRAINE
UNITED ARAB EMIRATES
URUGUAY
UZBEKISTAN
YEMEN
ZIMBABWE

Contents

OIML BULLETIN

VOLUME LVI • NUMBER 1
JANUARY 2015

technique

5 Testing of exponential sweep signals with the aid of Hilbert transform
Ingolf Bork

8 Analysis of weigh-in-motion tank vehicles transporting liquid cargo on highways
Luciano Bruno Faruolo and Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto

20 Development of modularizing technology and its application
Naoya Shinozaki, Kohei Okamoto, Masaru Ikeshima, Kozo Terunuma and Kazufumi Naito

evolutions

28 Average speed control
Damien Lachat

32 Ideas, guidelines, and aspects on the series "The History of Weights and Scales"
Wolfgang Euler

update

34 List of OIML Issuing Authorities
35 OIML Systems: Basic and MAA Certificates registered by the BIML, 2014.09–2014.11
41 49th CIML Meeting: Opening speeches and photos
45 New Memorandum of Understanding (MoU) with ILAC/IAF
49 AFRIMETS Legal Metrology School
56 New Members, Committee Drafts received by the BIML, Calendar of OIML meetings

DELEGATES ATTENDING THE 49TH CIML MEETING

Sommaire

BULLETIN OIML

VOLUME LVI • NUMÉRO 1
JANVIER 2015

technique

5 Essais de signaux de balayage exponentiel à l'aide d'une transformation de Hilbert
Ingolf Bork

8 Analyse du pesage en mouvement de véhicules à réservoir qui transportent des liquides sur les routes
Luciano Bruno Faruolo et Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto

20 Développement de la technologie de modularisation et son application
Naoya Shinozaki, Kohei Okamoto, Masaru Ikeshima, Kozo Terunuma et Kazufumi Naito

évolutions

28 Contrôle de la vitesse moyenne
Damien Lachat

32 Idées, guidance et aspects sur la série "Histoire des poids et des balances"
Wolfgang Euler

informations

34 Liste des Autorités de Délivrance OIML

35 Systèmes OIML: Certificats de Base et MAA enregistrés par le BIML, 2014.09–2014.11

41 49ème Réunion du CIML: Discours d'ouverture et photos

45 Nouveau Protocol d'Accord (MoU) avec ILAC/IAF

49 Ecole de Métrologie Légale AFRIMETS

56 Nouveaux Membres, Projets de Comité reçus par le BIML, Agenda des réunions OIML

Editorial

Peter Mason
CIML President

Happy New Year 2015

As we enter 2015 I ask myself what will be different in the world of the OIML. And the answer that comes most clearly is that we can expect to transform the way in which we carry out most of our work as a result of the new functions available on the OIML website. For an organisation such as the OIML, a website is more than just the window we show to the rest of the world. Increasingly, it will become central to the way in which we communicate with each other and, crucially, carry out the technical work which is our key role as a standards-making body.

Offering Members the opportunity to update their own information and designate participation in the technical work will ensure that the information needed to carry out our work is distributed more quickly and accurately so that it reaches those who are directly involved in such work. Extending electronic voting to project groups will mean that we are able to make decisions much more quickly. And looking forward, having a standard way of developing, commenting on and amending drafts means that more colleagues across the world of legal metrology will be able to make a contribution.

Making the most of this new set of tools will, however, require some effort on the part of all of us. My personal "New Year's Resolution" is to improve my understanding of everything the new website can do and to make a determined attempt to use it to its full capacity. My experiences so far have confirmed that the new functions are easy to understand and use.

Nevertheless, improved information technology and communications can only take us so far. We also need to ensure that we adapt the way in which we work. The OIML Convention remains the basis of what we do as an organisation, but how we work has changed significantly over the past four years and will continue to do so. At the 49th CIML Meeting a new approach to planning our activities was proposed and I believe this will be very valuable as we continue to develop both the OIML's technical work procedures and the OIML Certificate System.

So there remains much to be done – and much to look forward to.

Wishing you a very successful 2015... ■

Bonne Année 2015

En ce début d'année 2015, alors que je m'interroge sur ce qui va changer dans le monde de l'OIML, la réponse m'apparaît de façon très claire : nous pouvons espérer transformer notre manière d'effectuer la plus grande partie de nos travaux grâce aux nouvelles fonctions du site Internet de l'OIML. Pour une organisation comme l'OIML, un site Internet est bien plus que la vitrine que nous présentons au reste du monde. Il prendra une place de plus en plus centrale dans notre façon de communiquer et, surtout, de conduire les travaux techniques, rôle clé d'un organisme de normalisation comme le nôtre.

Donner aux Membres les moyens de mettre à jour leurs propres données et d'indiquer leur participation aux travaux techniques garantira une diffusion plus rapide et plus fiable des informations requises pour réaliser nos travaux afin d'atteindre ceux qui sont directement impliqués dans ces travaux. Étendre le vote électronique aux groupes de projet favorisera une prise de décisions accélérée. Et s'agissant des perspectives à terme, disposer d'une méthode normalisée pour élaborer, commenter et amender des projets permettra à un plus grand nombre de collègues de la communauté de la métrologie légale d'apporter leur contribution.

Mais, pour tirer pleinement parti de cette nouvelle panoplie d'outils, chacun de nous doit faire des efforts. Pour ma part, voici ma « résolution du Nouvel an » : mieux connaître toutes les possibilités qu'offre le nouveau site Internet et tenter résolument de l'exploiter à sa pleine capacité. Si j'en crois mon expérience à ce jour, ses nouvelles fonctions sont simples à comprendre et à utiliser.

Améliorer la technologie informatique et la communication n'est cependant qu'un début. Nous devons aussi adapter nos méthodes de travail. Si la Convention de l'OIML demeure le fondement de notre activité en tant qu'organisation, notre manière de travailler a, quant à elle, beaucoup changé ces quatre dernières années et continuera de changer. À sa 49ème réunion, le CIML a proposé une nouvelle stratégie de planification de nos activités qui sera, à mon avis, très utile alors que nous poursuivons le développement des procédures relatives aux travaux techniques de l'OIML et du Système de Certificats OIML.

Il reste donc beaucoup de choses à faire, mais aussi beaucoup de perspectives positives à venir.

Je vous souhaite à tous de grandes réussites pour l'année 2015… ■

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАГРУЗОЧНОЙ ЯЧЕЙКИ ДАТЧИКА «TUNING FORK»

Развитие модульной технологии и ее применение.

Naoya Shinozaki, Kohei Okamoto, Masaru Ikeshima, Kozo Terunuma, Kazufumi Naito,
Shinko Denshi Co. Ltd.

Ключевые понятия:

«Двухлучевой» камертон, весы с датчиком «Tuning fork», нагрузочная ячейка с датчиком «Tuning fork», OIML R 76 [1], OIML R 60 [2], нагрузочная ячейка, модуль, цифровой датчик, законодательная метрология.

1 Аннотация

Датчики, используемые в электронных весоизмерительных приборах, могут быть разделены на три группы: электромагнитные датчики компенсационного типа, тензодатчики и датчики «Tuning fork». При этом, практическое использование датчика tuning fork с двумя «камертонами» (DETF) ввели именно Shinko Denshi Co., Ltd.

Датчики DETF, имея аналогичную дискретность и воспроизводимость с электромагнитными датчиками компенсационного типа, тем не менее выигрывают в долгосрочной стабильности. Данные датчики также подходят для взвешивания относительно тяжелых объектов как и тензодатчики датчики (SG). Весы с датчиком tuning fork объединяют в себе преимущества двух датчиков и могут быть широко использованы в сферах высокоточного измерения, таких как фармацевтика, автотранспортная и химическая промышленности, а также при металлообработке.

В данной статье мы докажем принадлежность датчика к классу точности B 50 стандарта OIML R 60:2000 [2], требования которого тяжело достижимы даже для распространенных SG датчиков. Фундаментальные принципы и модульная технология DETF датчиков также как и примеры их использования широко представлены в данной статье.

2 Введение

Первые шаги в разработке DETF датчиков были сделаны при изучении Yuzuru Nish весов с вибрационными датчиками, тогда в 1973 году началась разработка Tuning fork. Несколько лет спустя датчики давления с технологией Tuning fork, разработанные японским производителем, привели к разработке датчика DETF и к возможности его применения в весовом оборудовании. В 1983 с регистрацией патента было запущено производство весов с технологией TUNUNG-FORK, состоящих в то время из механизма Роберваля, в который датчик DETF был включен.

На табл. 1 можно увидеть основную структуру DETF датчика в соответствии с максимальным весом оборудования

Max	Структура DETF датчика
≤30 кг	DETF датчик + механизм Роберваля
>30 кг	DETF датчик + механизм Роберваля с интегрированным рычагом
	(Для увеличенной чаши весов) Многоточечная поддержка с DETF датчиком + механизм Роберваля с интегрированным рычагом

Позднее, интегрированный тип весов с механизмом Роберваля (см. Рис.1) был преобразован в моноблок (см. Рис.2); Использование типов механизмов определялось назначением.

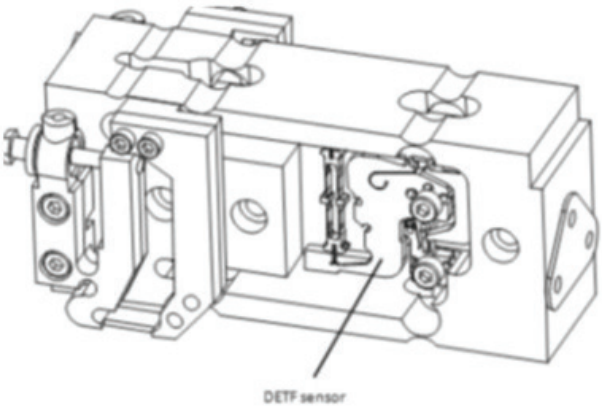


Рис.2 Моноблок с DETF датчиком

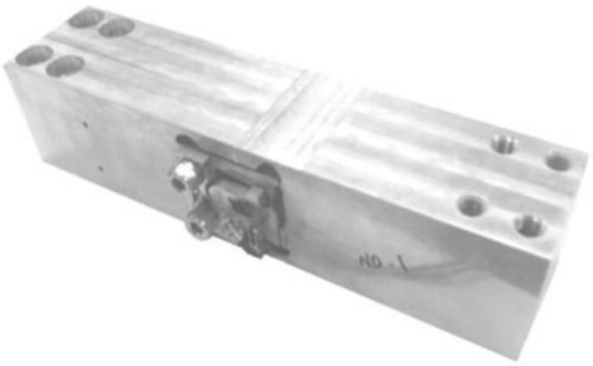


Фото 1 Макет блока с DETF датчиком (с интрегрированным рычагом)

Интеграция рычага с механизмом Роберваля (фото 1) способствовала использованию данной части и в весах с датчиком tuning fork с Max от 30 кг. и более. Объединение частей механизма также позволило расширить платформу весов.

В последнее время фармацевтическая промышленность и автомобилестроение предъявляют высокие требования к качеству и надежности систем измерения объектов в количественном и компонентном отношении. Тем не менее, с практической точки зрения внедрение готового инструмента в систему взвешивания оказалось неплодотворным. Выходом явилась разработка модульного моноблочного датчика.

Весы с датчиком Tuning fork, используя данный механизм, достигают при максимальной весовой нагрузке (Max) до 300кг. дискретность 1 г., а цену поверочного деления 10г.

Национальный институт метрологии Японии и Институт Промышленной науки и технологий выверили и подтвердили такие характеристики DETF датчика, как температурную, воспроизводительную и долговременную стабильности. На основании проведенных исследований весы с датчиком Tuning-fork уже прошли сертификацию в Японии.

В свете вышеизложенных событий планируется получение сертификатов соответствия стандартам OIML R60:2000. Следует отметить, что все необходимые исследования и тестирования товаров на предмет соответствия стандартам OIML R60:2000 уже проведены.

Кроме того, немаловажным является факт использования DETF датчиков для сокращения гравитационного искажения фокуса самого большого и точного в мире оптического инфракрасного телескопа Субару, используемого в национальной японской обсерватории в Мауна Кеаб Гавайи, США.

3 Создание и дальнейшие разработки датчика Tuning-fork.

3.1. Структура и принцип работы DETF датчика

Принцип работы датчика основан на физическом феномене изменения резонансной частоты (f) двухконечного резонатора датчика tuning-fork в зависимости от изменения напряжения (t).

Другими словами, напряжение (t) и резонансная частота (f) вибрирующего механизма могут быть представлены формулой (см. формулу 1), где напряжение (t) определяется показателями резонансной частоты (f).

$$f = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\rho}} \qquad (1)$$

l = длина пружины

p = плотность

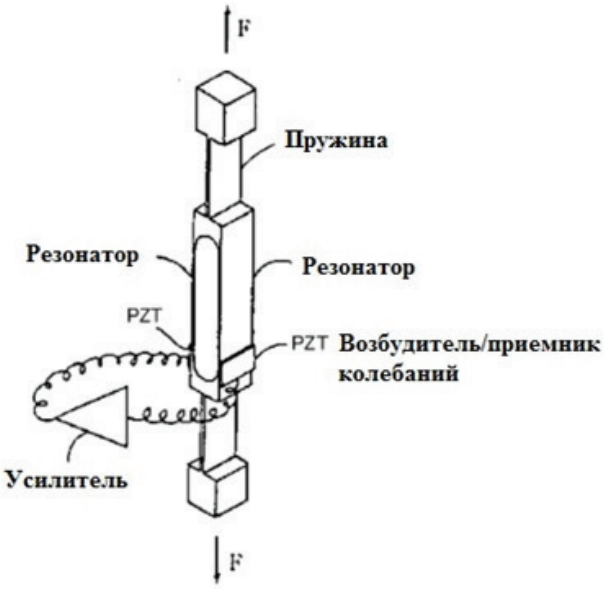


Рис. 3 DETF резонатор

На рис. 3 изображен датчик Tuning fork, который напоминает два соединенных между собой камертона. Одна из ключевых характеристик резонатора DETF это высокая степень вибрации на уровне Q, формирующаяся благодаря взаимному исключению момента и реакции двух симметрично двигающихся вибрирующих пластин, в результате чего происходит ограничение энергии колебания.

Кроме того, упругие элементы на концах вибрирующих пластин снижают влияние побочных эффектов, которые могут быть заложены на этапе сборки или вызваны внешними факторами.

Два пьезокерамических элемента подключены с приемником колебаний и вызывают непрерывные колебания в нижней части датчика. Отношение между частотой (f) и силой (F) могут быть представлены формулой (2) или графично (Рис. 4).

$$f = f_0\sqrt{1 + KF} \qquad (2)$$

где $f_0 = C\frac{t}{L^2}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$

L= длина резонатора

t= толщина резонатора

E= модуль Юнга (N/mm^2)

p= плотность

K и C постоянные

Измеряя период колебаний, частота колебаний может быть переведена в цифровые значения. Этот перевод и линеаризацию осуществляет микропроцессор.

Рис.4 Зависимость силы (F) от частоты (f)

DETF датчик попадает в категорию датчиков измерения силы, преобразующих частоту колебаний (f) в весовые значения. На рис. 5 изображен датчик DETF как интеграция модуля Tuning-fork и плеч рычага. Соотношение плеч рычага и толщина основной части могут варьироваться в соответствии с требуемым Max датчика.

Формула 2 объясняет, как резонансная частота (f) DETF датчика меняется в зависимости от температурных изменений модуля упругости Юнга, в связи с чем изменения температуры должны быть предельно малы. В виду данных обстоятельств, сплав с постоянным модулем упругости с низким температурным коэффициентом модуля упругости Юнга был взят в основу материала DETF датчика.

Сплав с постоянным модулем упругости широко используется в пружинных весах также как и волосковые пружины в наручных часах. Термальный коэффициент сплава с постоянным модулем упругости равен около одной сотой данного коэффициента у нержавеющей стали. Кроме того, сплав, используемый в датчике, имеет схожие и даже лучшие характеристики по устойчивости к деформации и растяжению, в результате чего сплав менее ползучий и более долговечен. Таким образом, DETF датчик вырезан из пластины сайта с постоянным модулем упругости и проводным электроэррозионным станком с точностью до 10 мкм. (см. фото 2).

3.2. Дизайн и проектирование весов на основе датчика Tuning-fork.

Современное весовое оборудование делится на следующие категории силовых весов: 1) компенсации силы веса, 2) изменения электрического сопротивления, 3) резонансные датчики.

Рис. 6 показывает отношение Max и цены поверочного интервала (e), свойственных каждой категории электронных весов. Датчики тензометрические используются для измерения больших масс, тогда как весы с электромагнитным для меньших.

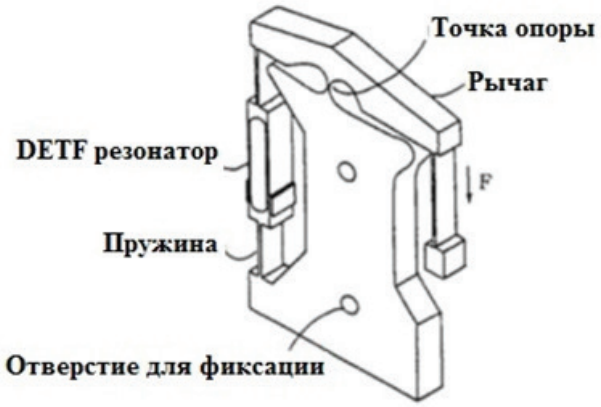


Рис.5 Структура DETF датчика

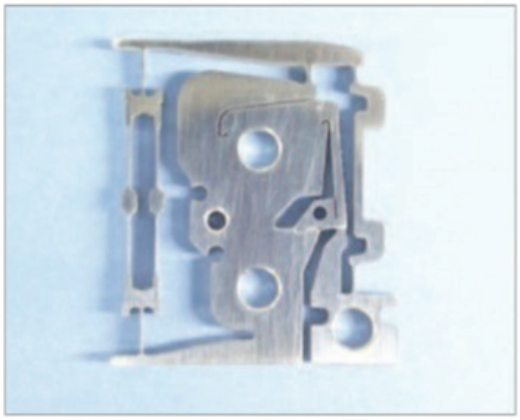


Фото 2 Макет DETF датчика

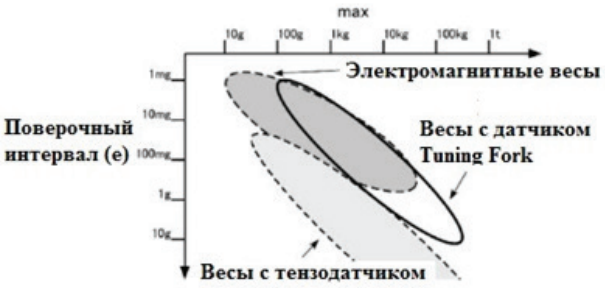


Рис.6 Отношение НПВ и поверочного интервала

Рис.7 Схема преобразования нагрузки для каждого типа датчика

Два вида резонансных датчиков используются в весах: струнный и DETF резонатор. В 1970-х годах весы со струнными резонаторами производились для практического использования в западных странах, но сегодня шире используется датчик tuning fork.

Основные характеристики весов с датчиком tuning fork:

- Меньшее количество отказов в виду более простой структуры в сравнении с весами электромагнитными;
- Датчик не использует аналого-цифровой преобразователь (АЦП) (как показано на рис.7) т.к. частота напрямую преобразуется в показатель массы;
- Температурная ошибка и временные изменения, присущие электронным цепям очень ограничены, т.к. АЦП и усилители не требуются.

Кроме того, весы на базе датчика tuning-fork имеют отличные температурные характеристики с экстремально низким температурным коэффициентом $\pm 0.5 \cdot 10^{-6}/^{0}C$ и индикацией нулевого значения $\pm 2 \cdot 10^{-6}/^{0}C$. [6].

Следующее преимущество – это возможность использования взрывобезопасной функции в виду низкого уровня потребления электроэнергии (величина измерения в μВт) низкого уровня использования электроэнергии. Данное преимущество особенно очевидно в простоте соответствия стандартам для взрывоопасных сред (IEC60079: Ex ia IIB T 4) [7] в категории класса точности II (OIML R 76:2006) в отличие от весов с тензодатчиками или электромагнитными датчиками. Именно поэтому взрывобезопасные высокоточные весы с датчиком Tuning-fork плотно закрепились на рынке [5,6].

Еще одним преимуществом можно назвать ничтожно малый нагрев датчика в процессе подготовки к работе во время включения, благодаря чему весы можно использовать уже в течение минуты после начала работы.

С сентября 2014 года весы на базе датчика Tuning – fork получили более 30 сертификатов стандарта OIML R:762000, Директив ЕС и Японии, среди них сертификаты Класса I (число поверочных интервалов 220 000) и Класса II (80 000).

Чтобы соответствовать современным запросам потребителей, линейка оборудования включает аналитические весы с Max 220 г. и дискретностью 0,1мг., высокоточные измерительные платформы с Max 300кг. и дискретностью 1 г., а также высокоточные взрывобезопасные весы.

Фото 3 Нагрузочная ячейка датчика Tuning Fork

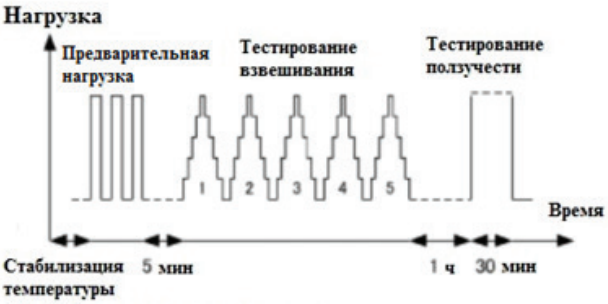


Рис.9 Тестовая последовательность

3.3. Проектирование нагрузочной ячейки датчика Tuning-fork

3.3.1. Структура нагрузочной ячейки датчика Tuning-fork

Нагрузочная ячейка датчика Tuning fork состоит из DETF датчика (фото 1) и электрической цепи, заключенных в воздухо- и пыленепроницаемый блок из нержавеющей стали, что приводит к долговечности и коррозийной устойчивости. Макет представлен на фото 3.

Структура DETF датчика состоит из рычага и механизма Роберваля, полученных из металлического блока, а также встроенного внутрь данного механизма самого датчика. Диаграмма показана на рис.8

Вес груза, попадающий на весовую платформу, масштабируется посредством рычажного механизма и передается DETF датчику. При среднем значении соотношении плеч рычага 10:1 и Max 110кг., трансформируется в 10-ю часть веса, таким образом на датчик передается нагрузка в 11 кг.

При максимальном приложенном весе, частота DETF датчика изменяется на $\Delta f / f \approx 10\%$, тогда как уровень сопротивления тензодатчика нагрузочной ячейки на $\Delta R / R \approx 0.2\%$. Таким образом, относительное изменение сигнала, влияющего на воспроизводимость, у DETF датчика в 50 раз больше, чем у тензодатчика.

Для сохранности метрологических показателей, на ряду с функцией защиты от пыли и влаги, DETF датчик и корпус соединены между собой силиконовой диафрагмой. Кроме того, вверху корпуса установлена пыле- и влагонепроницаемая пропускающая воздух пластина для исключения различий между внутренним и внешним давлением корпуса. Пыле- и влагонепроницаемые функции соответствуют стандарту IP65 (IEC/EN60529)[8]. Сигнал о приложенной нагрузке преобразуется электронной схемой в выходной цифровой сигнал.

Max нагрузочной ячейки датчика Tuning –fork лежит в диапазоне от 30 кг. до 300 кг. DETF датчики, устройства на базе DETF и нагрузочные ячейки датчика Tuning-fork уже получили патенты как в Японии, так и в других странах мира.

3.3.2 Условия тестирования и оценка полученных результатов.

Для верификации точности измерений нагрузочной ячейки датчика Tuning-fork ,были проведены исследования в соответствии стандартам OIML R 60:2000, в результате чего получены следующие характеристики:

Max	E_{max}=110 кг.
Максимальный поверочные интервал	v_{min}= 0,5 кг.
Максимальное количество поверочных интервалов нагрузочной ячейки	n_{max}=50 000
Температура	20^0C, 40^0C, -10^0C, 20^0C
Минимальный выход нагрузочной ячейки	0,1г.
PLC	0,8 г.

Оценочные данные показаны в табл.2.

Порядок этапов тестирования показан на рис.9. Изменение нагрузки на каждом этапе температурного режима было зафиксировано и продолжено.

3.3.3. Оборудование для проведения испытаний

Тестирование нагрузочной ячейки датчика Tuning-fork осуществлялось на нагрузочной ячейке стандартного силоизмерительного оборудования в камере с полным температурным контролем. Как показано на Рис.10. оборудование состоит из соединенных грузов и элеватора, расположенных непосредственно под весами.

Нагрузочный фиксатор был установлен в определенной точке нагрузочной ячейки датчика для предотвращения любого силового воздействия за исключением вертикального. Вес нагрузочного фиксатора около 1,4 кг. Оборудование подсоединяет дополнительный вес грузов посредством опускания элеватора.

Табл.2 Оценочный расчет показателей

Тестируемый параметр	Условие R 60:2000
Погрешность нагрузочной ячейки	5.1.1, 5.5.1
Ошибка повторяемости	5.4, 5.5.1
Ползучесть	5.3.1
Минимальные потери веса на выходе (DR)	5.3.2
Температурное воздействие на DR	5.5.1.3.

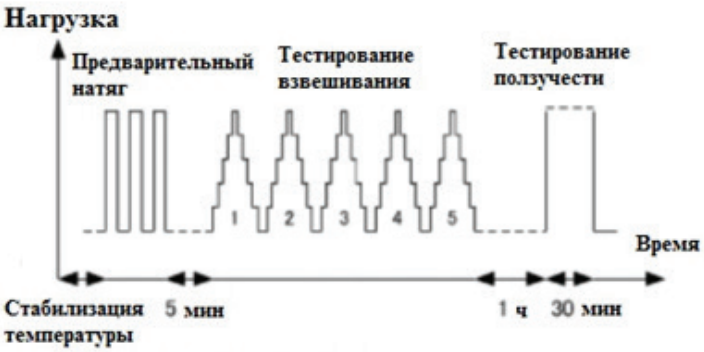
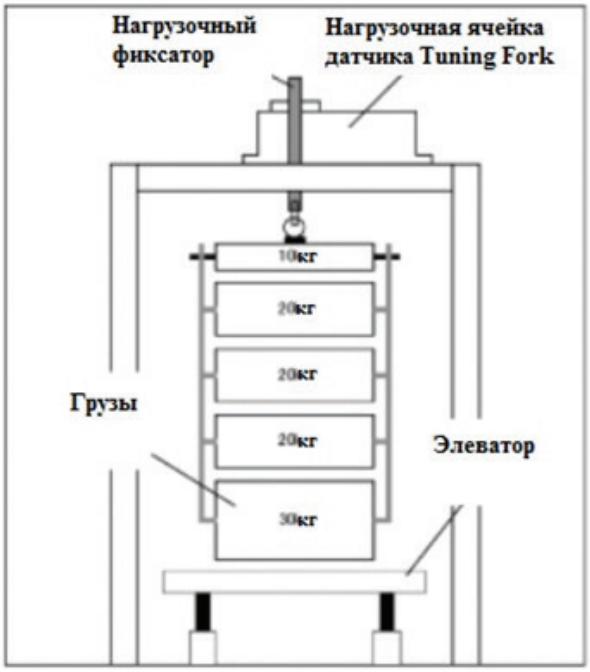


Рис.9 Тестовая последовательность



Габариты камеры (мм) Ш1670хВ2200хД1670

Рис.10 Схема оборудования для тестирования в камере с контролируемой температурой

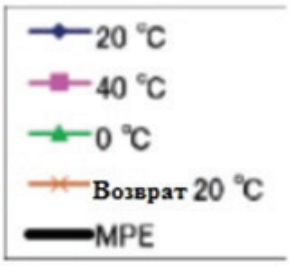


Рис.11 Обозначения

Во время испытания воздух циркулировал внутри камеры для поддержания постоянной температуры.

Также для предотвращения движения грузов и сохранности измеряемых параметров была установлена ветрозащита. Калибровка грузов была произведена при помощи гирь класса E2. Увеличение весового значения на нагрузочную ячейку происходило в возрастающем порядке – 10 кг, 20 кг, 20 кг, 20 кг, 30 кг.

3.3.4 Результаты испытаний

Рис.12-15 показывают зафиксированные погрешности нагрузочной ячейки. Рис. 11 содержит маркеры для всех чертежей. Было

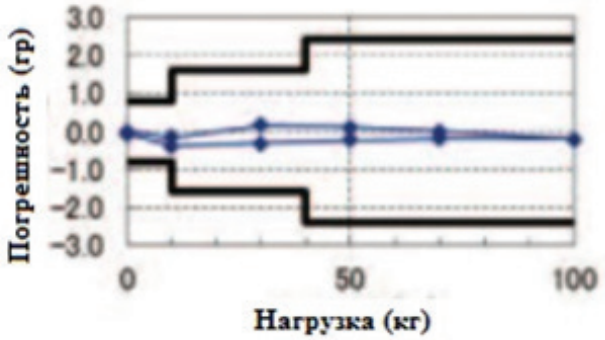


Рис.12 Погрешность при 20 °C

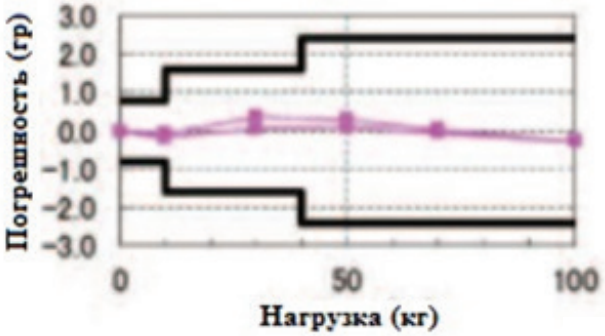


Рис.13 Погрешность при 40 °C

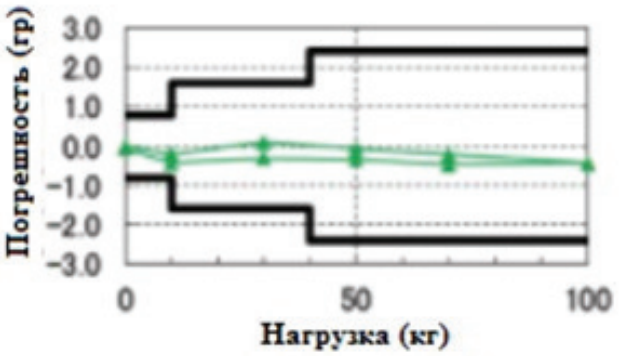


Рис.14 Погрешность при - 10 °C

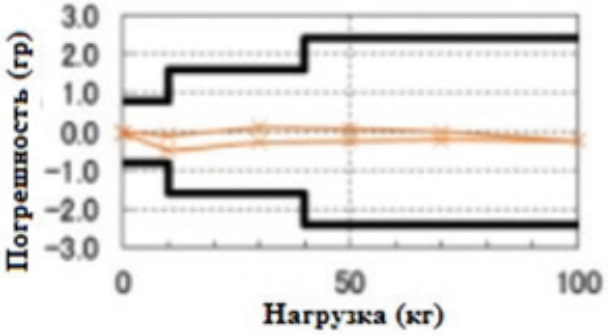


Рис.15 Погрешность при возврате к 20 °C

подтверждено, что максимальное значение погрешностей в различных температурных режимах было меньше максимально допустимого значения (MPE). Небольшой уровень гистерезиса в 0,5г. был обнаружен при каждом температурном режиме. Влияние температура на интервалы, линейность и гистерезис изменяются на незначительном уровне в соответствии со стандартами.

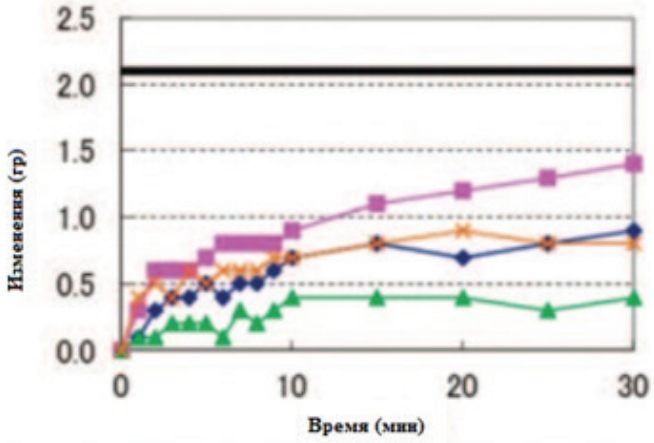


Рис. 16 Ползучесть

Табл.3 Погрешность воспроизводимсоти

Нагрузка (кг)	Погрешность (гр)				MPE (g)
	20 °C	40 °C	–10 °C	Возврат 20 °C	
0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.8
10	0.2	0.1	0.3	0.2	0.8
30	0.3	0.2	0.2	0.1	1.6
50	0.2	0.2	0.1	0.1	2.4
70	0.2	0.3	0.1	0.2	2.4
100	0.2	0.1	0.2	0.1	2.4
70	0.2	0.4	0.0	0.2	2.4
50	0.1	0.2	0.1	0.3	2.4
30	0.2	0.2	0.1	0.1	1.6
10	0.2	0.1	0.0	0.6	0.8
0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8

Табл.4 Минимальные потери веса на выходе (DR)

Температура (°C)	DR (гр)	MPE (гр)
20	–0.2	1.0
40	0.2	1.0
–10	–0.3	1.0
Возврат 20	–0.3	1.0

Табл.5 Влияние температуры на DR

Температура (°C)	Изменения (g/5°C)	MPC (g/5°C)
20 → 40	0.33	0.4
40 → –10	0.11	0.4
–10 → 20	–0.32	0.4

Табл.3 показывает выявленные во время испытаний погрешности воспроизводимости. В данном ключе было также подтверждено, что максимальное значение погрешности составляет всего 1\3 от разрешенного (MPE) в каждом температурном режиме. Максимальная ошибка не зависит от веса груза или температуры. Высокий уровень погрешности был выявлен как и при весе груза 70кг., температуре 40^{0}C, так и при весе груза 10 кг., а температуре 20^{0}C. Соответственно, причина погрешности кроется в условиях колебания грузов и нагрузочного фиксатора от воздушного воздействия внутри камеры. Показатели погрешности были бы гораздо меньше, если бы удалось колебания сократить.

Рис. 16 и таблица 4 показывают результаты ползучести и минимальные потери веса на выходе (DR). Максимальный уровень ползучести возрастает в зависимости от повышения температуры. Различия в показателях DR и ползучести в 20-30 мин также росли с повышением температуры. Однако оба показателя при различных температурных режимах были ниже предельно допустимой нормы (MPE). Растущий уровень ползучести на высоких температурах можно отнести к особенностям металла корпуса DETF датчика, в особенности интегрированного механизма Роберваля с рычагом, чьи характеристики ползучести находятся в сильной зависимости от воздействия высоких температур.

Что касается температурного воздействия на DR, описанного в табл.5, было установлено, что показатели результатов на каждом температурном режиме от 20^{0}C до 40^{0}C, 40^{0}C до - 10^{0}C и от -10^{0}C до 20^{0}C были в пределах нормы MPE.

Таким образом, результаты исследования приводят нас к выводу, что нагрузочная ячейка датчика Tuning-fork соответствует стандартам класса точности B 50 по OIML R 60:2000.

Выводы и перспективы развития

В данной статье авторы остановили свое внимание на основных принципах функционирования DETF датчика и иллюстрации примеров его применения. Результаты исследования показали, что нагрузочная ячейка датчика Tuning-fork соответствует классу точности D 50 по стандартам OIML R 60:2000, требованиям которых довольно сложно соответствовать традиционным весам с тензодатчиком. На данный момент планируется подача заявок на получение сертификации OIML MAA на весы с датчиком Tuning-fork.

Существует более 15 зарегистрированных организаций, имеющих право выдачи сертификатов стандарта OIML R 60:2000. Среди них 7 выпускающих органов, включая Германию и Японию, имеют право выдачи сертификатов стандарта OIML MAA. Требования к проведениям испытаний и получения сертификатов размещены на сайте OIML. В виду того, что нагрузочная ячейке с датчиком Tuning-fork принадлежит к классу B 50, число организаций, имеющих право на проведение испытаний строго лимитировано. К концу сентября 2014 года число сертификатов соответствия OIML R 60:2000 приблизилось к 750 (450 базовые сертификаты соответствия, 300 сертификаты MAA). Однако данные сертификаты приходятся на нагрузочные ячейки с тензодатчиком. Сертификат соответствия нагрузочной ячейки с датчиком Tuning-fork первый в мире.

В данной статье мы рассмотрели нагрузочную ячейку с датчиком Tuning-fork с НПВ 100кг, впоследствии планируется расширить уровень НПВ до 300 кг и более. Но даже неавтоматические измерительные устройства с такими высокими показателями датчика могут быть использованы в различных сферах благодаря наличию большого выборы весовых платформ.

Несмотря на это, авторы упорно сосредоточены на проектировании и развитии комплексных измерительных систем на базе датчика Tuning-fork, соединяющих в себе стабильность, качество и надежность.

Выражаем благодарность Kazuo Neda члену Международного Метрологического сообщества, Центра управления метрологическими исследованиями в NMIJ/AIST за его огромный вклад в проведение исследования и техническую поддержку.

Call for papers

OIML Members
RLMOs
Liaison Institutions
Manufacturers' Associations
Consumers' & Users' Groups, etc.

- Technical articles on legal metrology related subjects
- Features on metrology in your country
- Accounts of Seminars, Meetings, Conferences
- Announcements of forthcoming events, etc.

The **OIML Bulletin** is a forum for the publication of technical papers and diverse articles addressing metrological advances in trade, health, the environment and safety - fields in which the credibility of measurement remains a challenging priority. The Editors of the Bulletin encourage the submission of articles covering topics such as national, regional and international activities in legal metrology and related fields, evaluation procedures, accreditation and certification, and measuring techniques and instrumentation. Authors are requested to submit:

- a titled, typed manuscript in Word or WordPerfect either on disk or (preferably) by e-mail;
- the paper originals of any relevant photos, illustrations, diagrams, etc.;
- a photograph of the author(s) suitable for publication together with full contact details: name, position, institution, address, telephone, fax and e-mail.

Note: Electronic images should be minimum 150 dpi, preferably 300 dpi.

Technical articles selected for publication will be remunerated at the rate of 23 € per printed page, provided that they have not already been published in other journals. The Editors reserve the right to edit contributions for style, space and linguistic reasons and author approval is always obtained prior to publication. The Editors decline responsibility for any claims made in articles, which are the sole responsibility of the authors concerned. Please send submissions to:

The Editor, OIML Bulletin
BIML, 11 Rue Turgot, F-75009 Paris, France
(chris.pulham@oiml.org)