

Характер отриманих залежностей коефіцієнта термоелектрорушійної сили та модуля Юнга свідчить про наявність певного зв'язку між ними. Це підтверджується обчисленням коефіцієнта кореляції між кривими термоелектрорушійної сили та модуля Юнга, які для стопів H26ЮТЗ та H26ЮТБ становлять відповідно – 0.598 та – 0.795.

Згідно з [7] гартування зумовлює пружну деформацію, а тому, скориставшись рівняннями (5) та (6), отримуємо вираз:

$$\Delta U = \frac{\sigma}{2e} \int_{T_c}^{T_h} \int_{\sigma_c}^{\sigma_h} d\varepsilon dT = \frac{\sigma}{2e} \int_{T_c}^{T_h} \int_{-\sigma}^{\sigma} \frac{\varepsilon^2}{-\sigma} dE_U dT =$$

$$= -\frac{\varepsilon^2}{2e} \int_{T_c}^{T_h} \int_{E_{Uc}}^{E_{Uh}} dE_U dT = k \int_{T_c}^{T_h} \Delta\alpha dT, \quad (7)$$

який зв'язує зміни інтегральної термо-ЕРС зі змінами модуля Юнга при пружному деформуванні. Фрагмент

формули (7) $\int_{E_{Uc}}^{E_{Uh}} dE_U$ відповідає змінам інтегральної

термо-ЕРС $\Delta\alpha$ з коефіцієнтом пропорційності $k = \varepsilon^2/2e$.

Як свідчать подані у [1] дані, наведена термоелектрорушійна сила залежить не тільки від значень діючих механічних напружень, а й від градієнта та рівня температури, яка припадає на напружену ділянку. Це підтверджує і той факт, що при дії зосередженої

деформації зміни термоелектрорушійної сили менш інтенсивні, оскільки зона зосередженої деформації займає невелику частину загальної довжини зразка і на неї припадає невелика різниця температур.

Сьогодні, коли вирішальну роль у підвищенні точності вимірювання відіграють в основному первинні перетворювачі, необхідно особливу увагу приділити стабільності термопар та питанням прогнозування цих змін у конкретних умовах застосування. Для цього плануємо надалі розвинути застосовану термодинамічну модель в напрямку врахування впливу різних, зокрема часових факторів, через “термодинамічні” шуми як потужнісні параметри основного рівняння термодинаміки в частинних похідних.

1. Температурные измерения. Справочник. К., 1989.
2. Булатов Н.К., Лундин А.Б. Термодинамика необратимых физико-химических процессов. – М., 1984.
3. Новиков В.И., Стадник Б.И., Яцишин С.П., Гамула П.Р. О феноменологической модели неустойчивости интегральной термо-э.д.с термопар // Металлы. – 1990. – №3. – С. 211–214.
4. Ван Флек Л. Теоретическое и прикладное материаловедение. М., 1975.
5. Фрактоникова А.А. О возможности повышения стабильности первичных преобразователей на основе термопарного кабеля // Приборы. – № 4. – 2000. – С. 22.
6. Медведь А.И. Термoeлектрические и упругие свойства сплавов Fe–Ni–Ti–Al в мартенситно-аустенитных состояниях.
7. Лариков Л.Н. Залечивание дефектов в металлах. – К., 1980.

УДК 536.532

З ІСТОРІЇ РОЗВИТКУ ТЕРМОМЕТРІЇ

© Наталія Кризь, Тарас Домінюк, 2002

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра “Інформаційно-вимірювальна техніка”
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Простежено набуття людством знань про поняття “температура”. Показано труднощі у визначенні самого терміна “температура”, а також у точності і встановленні єдності температурних вимірювань.

Рассказывается об обретении человечеством знаний о понятии «температура». Показаны трудности в определении самого термина “температура”, а также в точности и установлении единства температурных измерений.

It is told about process of a finding by mankind of knowledge about concept of temperature. The difficulties in definition of the term "temperature", and also in accuracy and establishment of unity of temperature measurements are shown.

Термометри були винайдені за багато років до того, як люди зрозуміли, що саме вони вимірюють.

Ще перед першим тисячоліттям до нашої ери з'явилося поняття про основні складові довкілля, серед

яких поруч із землею, водою і повітрям, був вогонь, якому за багатьма зовнішніми ознаками приписувались властивості, які сьогодні узагальнені поняттям “температура”. Демокріт і Левкіпп оперували поняттям

елементарного вогню в загальнофізичних поняттях, Гіппократ – стосовно до медичних проблем. Але, очевидно, не ними було введено поняття температури, тому що Арістотель при обмірковуванні чотирьох-елементного світу посилається на “древніх” без згадування імен. Труднощі “древніх” у створенні чіткого уявлення про поняття температури пояснювались багатьма причинами, зумовленими, зокрема, відсутністю будь-якої вимірювальної техніки, зневажливим ставленням до експерименту – заняття “рабського”, недопустимого для філософів, і внутрішнім протиріччям інформації про теплові прояви в доквітлі.

Температура пов’язана з достатньо невизначеними поняттями холоду і тепла, які були в свідомості людини десь “поряд” із запахом, смаком, тобто на рівні відчуття. Проте нікому не спадало на думку кількісно вимірювати запах чи смак, а теплі і холодні тіла можна було порівняти на дотик.

Античні вчені і схоласти середньовіччя порівнювали з теплом і холодом властивості притягання і відштовхування. Саме в цьому визначенні була прихована хибна думка, що тепло і холод – це дві різні речі. Зрозуміти, що холод – нестача тепла, а не друга субстанція, було не так легко. Така помилка повторювалась не раз.

І все-таки в цих поняттях відображалось розуміння зв’язку між нашими відчуттями і ефектами зовнішнього світу. Ось що писав філософ XVII ст. П’єр Гассенді: “Холод особливо і добре відомо впливає на органи відчуття; оскільки холод антагонічний теплу, то атоми, що йому відповідають, повинні бути у своїй природі протилежні тим атомам, що створюють відчуття тепла”. Гассенді міг лише здогадуватися про рух атомів і не мав уявлення про кінетичну енергію, але все ж не сумнівався в поясненні тепла рухом частинок, яких ніхто ще не бачив.

Напевно, лікарі були першими, кому потрібна була порівняльна і доволі точна шкала тепла тіла. Вони дуже давно помітили, що здоров’я людини якимось пов’язане з теплом його тіла і що ліки здатні змінювати його. Лікам приписувалась охолоджуюча і зігрівуюча дія, і ступінь цієї дії визначався градусами (ступенями – латиною). Однак холод і тепло не були протилежними якостями: тепло вгамовувалось вологістю, а холод – сухістю.

Великий лікар давнини Гален – він жив в II ст. – вчив, що дію ліків потрібно оцінювати за восьмиградусною шкалою: чотири градуси тепла і стільки ж градусів холоду.

Дуже велику роль відіграло змішування у вченні Галена. Вчений запевняв, що темперамент людини створюється змішуванням чотирьох рідин, про які говорив ще Гіппократ. Рідин було чотири: кров, слиз, чорна жовч, жовта жовч; вони породжували сангвініків, флегматиків, меланхоліків і холериків. Змішування в потрібних пропорціях латиною називається *temperatura*.

В середні віки багаторазово описувався дослід, в якому пропонувалося одну руку витримувати в теплій воді, а другу – в холодній. Після цього змішана вода відчувається однією рукою як холодна, другою – як тепла. Приміщення глибокої печери чи підвалу взимку здається теплим, а влітку навпаки – прохолодним. Завдяки великій параметричній чутливості організму до теплової дії основні поняття довго базувалися на суб’єктивній основі. Виходячи із суто фізіологічних причин, пов’язаних із терморегуляцією, теплокровні організми здатні дуже гостро реагувати на зміну теплової дії довкілля з переходом від нагрівання до охолодження, і навпаки. При температурі, однакої з тілом, організм в стані реагувати на зміни в межах 0,1К. Задовго до появи перших інструментів для вимірювання температури із повсякденного досвіду були відомі основні її параметричні властивості, зокрема прагнення тепла до температурної рівноваги внаслідок його переходу від гарячих тіл до холодних. Рівноважна температура чітко уявлялась нижчою від початкової температури гарячого тіла і вищою від початкової температури холодного тіла. Подібні ідеї всюди сприймалися настільки однаково, що однаковою мірою ввійшли в усі відомі мови з найдавніших часів.

На базі відчуттєвого сприйняття оточуючих явищ природно прийшли до послідовності таких понять, як зимовий холод, літня прохолода, червоне і біле гартування, температури, що відповідають здоровій нормі і хворому стану організму людини.

Потреба у вимірюванні температури з певною метою виникла лише в середині XVI ст. Щоб виконувати такі вимірювання, можна було скористатись якоюсь відомою із спостережень залежністю певного параметра від температури. Ще Герону Олександрійському (I ст.), була відома властивість повітря розширюватись при нагріванні, чим він пояснював спрямування вогню догори. Зміна об’єму із зміною температури при постійному тиску в газах, зокрема у повітрі, виражена сильніше ніж у рідких і твердих тіл.

Всім добре відомий Галілей в 1618 р. видає книжку “*El saggiatore*” (“Той, що зважує золото”). У ній він говорить про нагрівання твердих тіл при терті і наводить інші докази механічної природи тепла. Проте він не знав, що механічно можна нагріти не тільки тверді тіла, але й рідини і навіть газу.

Закони механіки могли бути відкриті Галілеєм тільки тому, що він один з перших зрозумів, які важливі точні вимірювання. Вивчаючи теплові явища, Галілей насамперед почав вимірювати температуру тіла.

Термометри, котрі робив Галілей (близько 1597 р.), склалися зі скляної кулі *D*, наповненої повітрям; від нижньої частини кулі відходила трубка, частково заповнена водою, що занурена в посудину *A*, також заповнену водою (рис. 1). Коли повітря в кулі розширювалось або стискалось, рівень води в скляній трубці змінювався, що і слугувало вказівником нагріву, наприклад, руки, що доторкнулася до кулі. Однак висота стовпця залежала як від температури, так і від атмосферного тиску, і отримати будь-які точні результати за допомогою такого термометра було неможливо. Лише учень Галілея Торрічеллі зміг встановити зв'язок між висотою стовпця ртуті і атмосферним тиском. Термометр Галілея вимірював досить невизначену величину, але все-таки давав змогу порівнювати температуру в один і той самий час і в одному і тому самому місці.

Термометр Галілея не мав ніякої шкали, тому виміряну температуру виразити числом було неможливо. На початку XVII ст. лікар і анатом Санкторіо із Падуанського університету за допомогою досить складного термометра (який уже мав шкалу) почав вимірювати температуру людського тіла, поміщуючи кінець зігнутої трубки в рот (рис. 2).

Санкторіо вивчав не саму температуру, а швидкість її підвищення за час. На його думку, динаміка краще відображала стан здоров'я пацієнта, аніж статична температура.

Через недосконалість термометра вимірювання температури людського тіла було непростю справою і займало багато часу – півгодини і більше. В Італії мистецтво виготовлення термометрів надзвичайно вдосконалилось в Тоскані, де члени Флорентійської академії вперше почали систематично вимірювати тиск, вологість і температуру повітря. Термометри були запаяні, їх заповняли спиртом, і ними можна було користуватися навіть тоді, коли вода замерзла. Флорентійські майстри виготовляли скляні термометри, наносючи на них поділки, так, що ними можна було вимірювати температуру з точністю приблизно 1 градус (за сучасною шкалою).

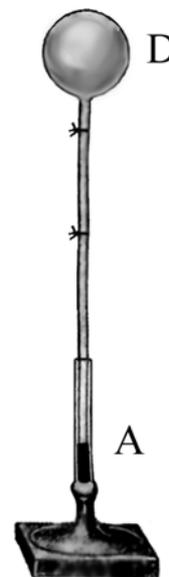


Рис. 1. Термометр Галілея

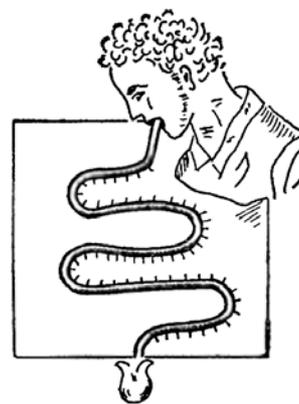


Рис. 2. За гравюрою з твору Санкторіо (1625 р.)



Рис. 3. Термометр флорентійських майстрів

Термометри флорентійських майстрів (рис. 3) являли собою дуже красиві прилади, майже витвори мистецтва. Флорентійський академік Гаспар Енс в 1638 р. опублікував книгу “Математичний чудотворець”, в якій була глава “Про термометр, чи Дребблевий інструмент, яким досліджується градус тепла чи холоду, котрий знаходиться в повітрі”. Твір Енса знаменитий тим, що у ньому описана шкала і з’явилося слово “термометр”.

Слово “температура” з’явилося в книзі Лерешона “Математичні розваги” (1624 р.).

“Дребблевий інструмент” – це термометри, виготовлені співвітчизником Галілея Корнелієм Дребблем, який займався розширенням нагрітих газів (рис. 4).



Рис. 4. “Дребблевий” інструмент

Історія термометра багато чим зобов’язана Отто фон Геріке (XVII ст.). Окрім того, що він був бургомістром Магдебурга, Геріке залишив про себе хорошу пам’ять і в науці. Він виготовив перший барометр, подібний до приладу Галілея, але з дуже довгою трубкою. Геріке перший почав систематично вимірювати атмосферний тиск.

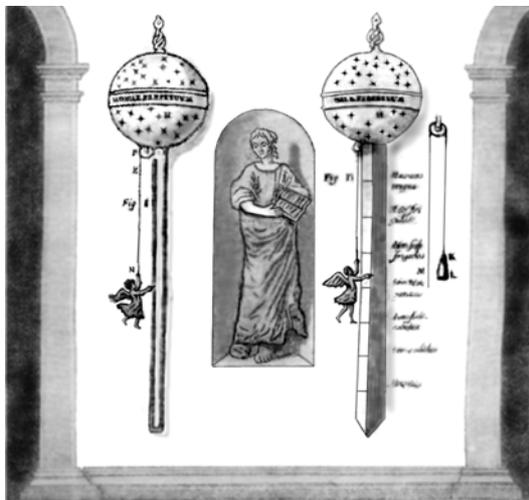


Рис. 5. Схема термометра Геріке

Термометр Геріке складався з латунної кулі, заповненої повітрям і зігнутої у формі букви U трубки зі спиртом. У термометрі Геріке температуру вказував дерев’яний чоловічок, який за допомогою шнура і блока був зв’язаний з латунним поплавком, що плавав у відкритому кінці термометра (рис. 5).

Для того, щоб температуру повітря можна було порівнювати в різних місцях, Геріке посередині шкали ставив крапку, поруч з якою вказівник встановлювався при перших заморозках, – цю точку і вибрав Геріке за початок шкали.

На можливість вибрати як опорні точки термометра точку кипіння води і точку танення льоду, вказав Гюйгенс в 1655 р. Він і запропонував позначити ці точки як 100 градусів (100°) і нуль градусів (0°). Він прямо писав про те, що при такому виборі можна буде порівнювати температуру в різних місцях, не переносючи той самий термометр з місця на місце.

Ньютоном була запропонована 12-градусна шкала (1701р.). Нуль він помістив в точці замерзання води, а 12° відповідали температурі здорової людини.

Сучасник Ньютона Гук удосконалив флорентійський термометр з градуйованою шкалою і ввів перший еталон термометра, з яким порівнювались робочі прилади.

“Таємниця” термометрів Даніеля Фаренгейта, які завжди були точні і узгоджені між собою, була лише в тому, що він дуже акуратно наносив поділки на шкалу, використовуючи для цього декілька “опорних” постійних точок. Точка нуль відзначала найнижчу температуру зими в Англії 1709 року. Фаренгейт отримував її, змішуючи кухонну сіль і нашатир. Другою “опорною” точкою була температура суміші танучого льоду, кухонної солі і нашатиру. Відстань між цими двома точками вчений поділив на 32 частини. Іншими “опорними” точками були температура людського тіла – 96° і точка кипіння води – 212° . Фаренгейтом були створені спиртовий термометр (1709 р.) і ртутний (1714 р.).

Сучасна шкала Цельсія була запропонована в 1742 р. Шведському ботанику не сподобались від’ємні температури, і він перевернув стару шкалу і помістив нуль в точку кипіння води, а 100° – в точку її замерзання. Але “перевернута” шкала не завоювала популярності і була дуже скоро “перевернута” знову.

Термометр, в якого стовпець ртуті не падає, коли його забирають від пацієнта (максимальний термометр), був введений в практику Ейткіном в 1852 році, а сучасного вигляду медичний термометр набув лише в 1870 р., коли його зробив Кліффорд Олбат.

Після Цельсія питання опорних точок і значення градуса було вирішене на багато років. Але фізика і техніка почали вимагати точного визначення температури, а для цього необхідно створити якнайточніші умови, за яких тоне лід чи кипить вода. Встановлено, що якщо відкласти по шкалі температури сто разів градус Цельсія від точки плавлення льоду, то ми “перескочимо” точку кипіння води на декілька десятих відсотка. Тому градус Цельсія не можна визначати тепер як $1/100$ відстані “танення льоду – кипіння води”. Сьогодні проблемами температурної шкали і градуса Цельсія займається метрологія. У ході роботи з вимірюваннями температури виникає ще низка нових проблем і запитань, які зовсім були незнані піонерам термометрії.

На початку XIX ст. в пошуках “абсолютного” метрологічного приладу повернулись до ідеї газового термометра. Відкриті до того часу закони Гей-Люссака і Шарля давали змогу передбачити, що в газових термометрах покази не будуть залежати від виду газового заповнювача. Але при подальших уточненнях методів вимірювання у газах були виявлені індивідуальні відхилення.

Одночасно з суто експериментальними дослідженнями виконувались і теоретичні пошуки непорушної шкали. Заманливо було скористатися функцією Карно, яка не залежить від речовини і є функцією тільки температури.

В 1848 р. Томсон (лорд Кельвін) запропонував вибрати градус температурної шкали так, щоб в його межах ефективність ідеальної теплової машини була однаковою, тобто щоб значення температури приймалося пропорційним до значення ефективності теплової енергії. Обернена функція Карно була запропонована ним як основна для абсолютної температурної шкали в 1854 р. В 1862 р. Томсон разом із англійським фізиком Джоулем розробив експериментальний метод оцінки відхилення реального газу від ідеального. Перші ж дослідження ефекту Джоуля-Томсона на різних газах показали, що значення температури за шкалою повітряного термометра при нормальному тиску неістотно відхиляються від абсолютної термодинамічної температурної шкали, а за шкалою водневого термометра відхилення нехтовно малі.

На підставі досліджень Джоуля і Томсона з врахуванням відомих даних про неідеальність газів у 1887 р. Міжнародним комітетом мір і ваг було прийнято рішення про затвердження як температур-

ного еталона водневого термометра постійного об'єму (густини) з початковим тиском (при 0°C) 1м. рт. ст. і стоградусним рівномірним за тиском поділом шкали в проміжку між точками танення льоду і кипіння води при нормальному тиску. Отже, було створено технічний засіб передачі термодинамічної температурної шкали практичним вимірюванням.

В 1827 р. німецький фізик Ом виявив залежність електричного опору різних провідників від їх температури. Перший термометр опору був виготовлений Сіменсоном в 1871 р. для вимірювання температури в печах. Платинові термометри опору знайшли застосування як прецизійні інструменти тільки після ґрунтовних досліджень англійського фізика Каллендара (1886 р.).

В 1821 р. німецький фізик Зеєбек відкрив термоелектричний ефект і вказав на можливість використання цього ефекту для вимірювання температури.

Ретельні дослідження дали змогу вибрати близько десяти термоелектронних матеріалів, що мають практично прямолінійні термоелектричні характеристики. Особлива перевага термопар полягає у можливості вимірювання практично в точці. Об'єм злуту термопар у багато разів менший від резервуара ртутного термометра, тому вони широко застосовуються як в промисловості, так і (особливо) в лабораторних дослідженнях.

У другій половині XIX ст. застосування ймовірно-статистичного підходу дало змогу на новій базі одержати численні теоретичні результати. Із них для термометрії важливими виявились узагальнення законів випромінювання, виконане Планком, і фундаментальне рівняння Найквіста, що зв'язує основні параметри шумових явищ. Ці результати разом з ідеальним газовим термометром могли служити базою для абсолютної термодинамічної температурної шкали. Подальший розвиток ймовірно-статистичного методу привів до виникнення понять про нерівноважні і від'ємні абсолютні температури.

Міжнародна температурна шкала (МТШ-27) вперше була прийнята в 1927 р. на VII Генеральній конвенції з мір та ваг. Положення про МТШ-27 підлягало деяким змінам в 1948 і 1960 роках. Інтервал температур, що охоплювала ця шкала, становив від мінус 182,97 до плюс 1063°C . В 1948 р. було знайдено нове значення сталої випромінювання C_2 , що й призвело до зміни значень всіх температур вище від точки тверднення золота. Саме тому МТШ-27 було

переглянуто. В 1960 р. МТШ-48 була переглянута, зокрема, її основна реперна точка – точка танення льоду (0°C) була замінена на потрійну точку води ($0,01^{\circ}\text{C}$). Потрійна точка води – це точка, в якій вода перебуває у трьох станах: рідкому, твердому і газоподібному. Сьогодні ця реперна точка дає змогу будувати шкалу як у від'ємний, так і у додатний бік.

Основою покращання єдності вимірювань є підвищення точності відтворення розміру одиниці температури (Кельвіна) у всьому діапазоні вимірюваних температур. Цю проблему вирішують, впровадивши нову міжнародну температурну шкалу МТШ-90, котра істотно наближена до термодинамічної шкали. МТШ-90 поширюється в область низьких температур до $0,65\text{ K}$, передбачає використання як інтерполяційного приладу в діапазоні від $13,8033$ до $1234,93\text{ K}$ високо-

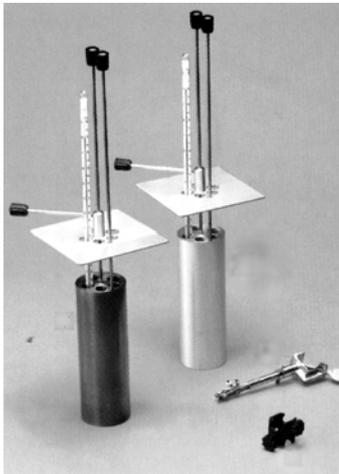


Рис. 6. Застосування спиртових термометрів

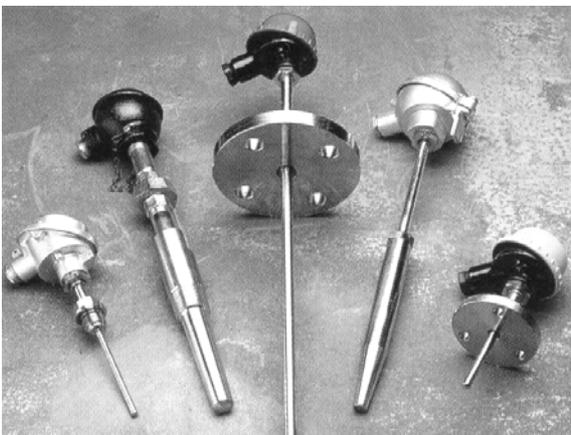


Рис. 7. Сучасні термоперетворювачі (термопари)

температурного термоперетворювача опору замість платинородієвої термопари типу ПП(S), що дає змогу підвищити відтворюваність шкали приблизно в 10 разів. Вдвічі підвищено точність робочих еталонів, до котрих вводяться додаткові реперні точки: точка топлення галію (Ga) ($302,9146\text{ K}$) та точка тверднення індію (In) ($429,7485\text{ K}$).

Звичайно, з розвитком науки та техніки удосконалювалися і засоби термометрії, і розширювалась сфера їх застосування. Сьогодні використовуються відомі ртутні та спиртові термометри (рис. 6), дуже широко застосовуються термоелектричні перетворювачі (рис. 7), надзвичайно поширені як цифрові, так і аналогові термометри різної величини та конфігурації (рис. 8). Для удосконалення вимірювання температури засоби термометрії поєднують з комп'ютером, використання якого значно пришвидшує і полегшує виконання поставленого завдання (рис. 9). Сьогодні вимірювання температури є надзвичайно поширеними, а сучасні засоби вимірювання температури є набагато досконалішими і складнішими за “перші” термометри (рис. 10).



Рис. 8. Цифрові та аналогові засоби вимірювання температури

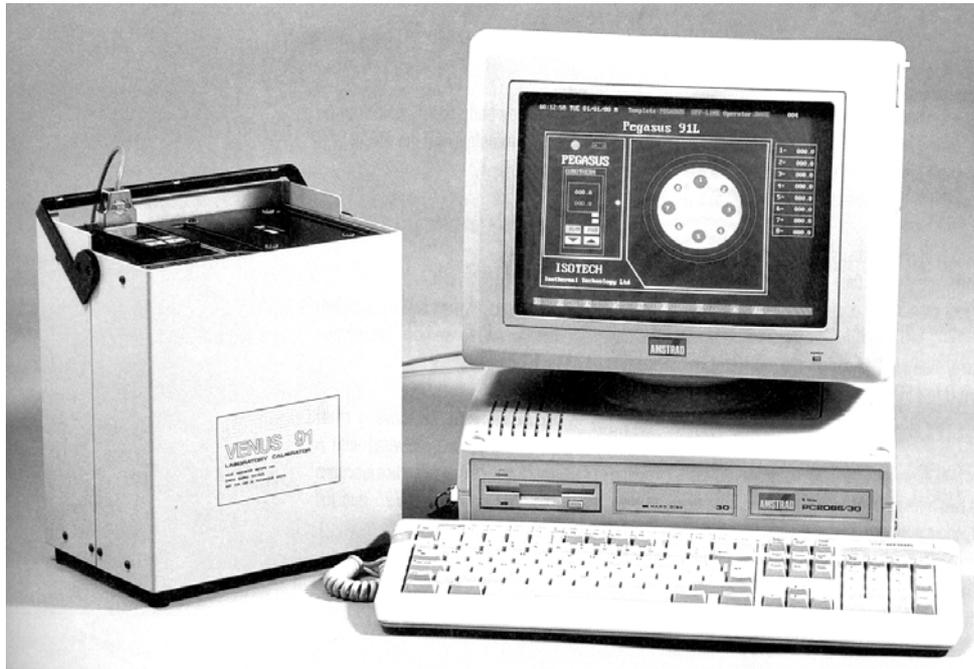


Рис. 9. Застосування комп'ютера в процесі вимірювання температури

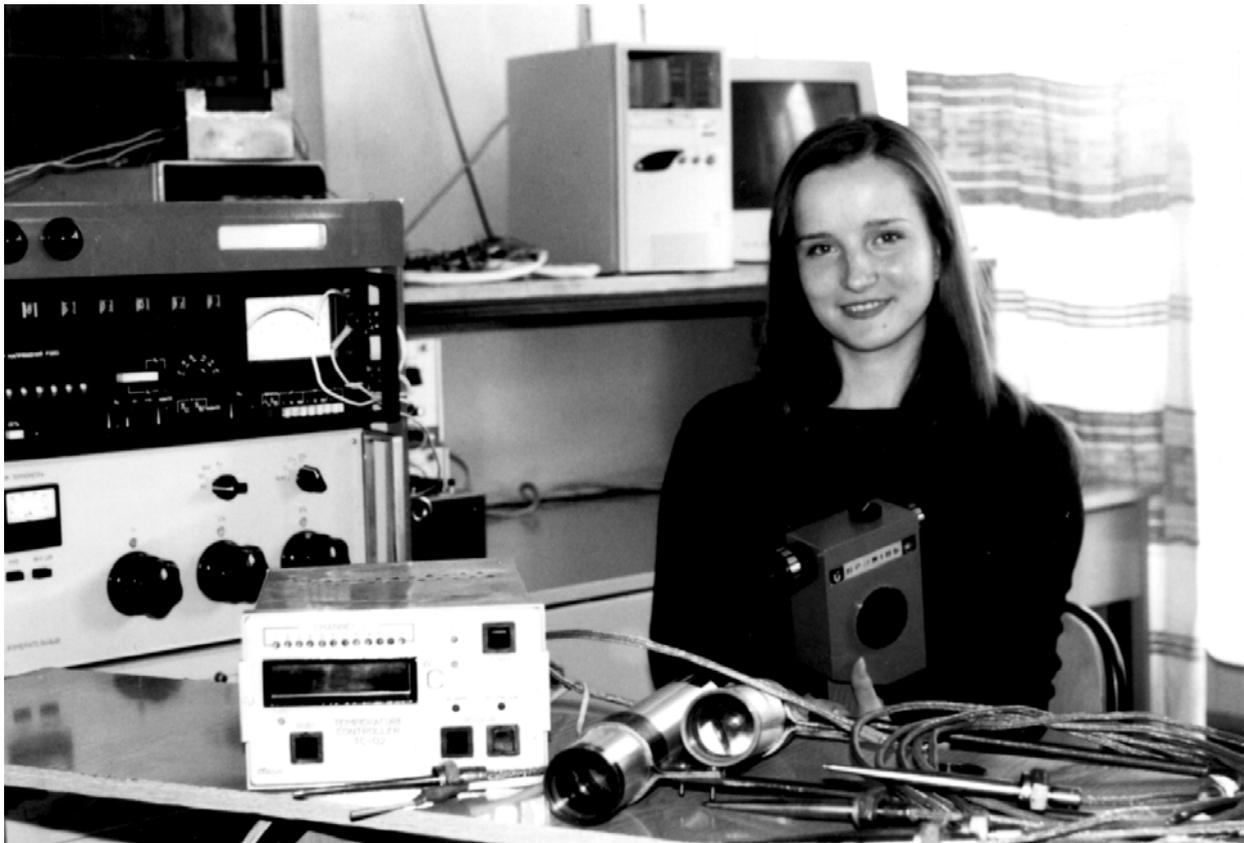


Рис. 10. Вимірювання температури сучасними засобами термометрії

Температура – інтенсивний параметр. Решта шість основних метрологічних параметрів – довжина, маса, час, сила світла, кількість електрики, кількість речовини за своєю природою екстенсивні і характеризуються властивістю суперпозиції. Додавання і ділення основних одиниць, наприклад, кілограма, забезпечує надійну метрологічну базу вимірювання маси за досить великих і малих значень вимірювання величини. Температура такою властивістю супер-

позиції не володіє, і це завжди дуже ускладнювало вимірювання.

1. Геращенко О.А., Гордов А.Н., Лах В.И., Луцьк Я.Т., Стадник Б.И. Температурные измерения. Справочник. – К., 1984. 2. Смородинский Я.А. Температура. – М., 1987. 3. Куинн Т. Температура. – М., 1985. 4. Орлова М.П. Низкотемпературная термометрия. – М., 1975. 5. Международная практическая температурная шкала 1968 г. (МТТШ-68). Редакция 1975, русский текст. – М., 1976.

УДК 539.226

КОНТРОЛЬ ГРАВИТАЦІЙНОЇ СЕДИМЕНТАЦІЇ РОБОЧОГО ЕЛЕМЕНТА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕПЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДИКИ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

© Сергій Прохоренко^{1,2}, Богдан Стадник¹, Збігнев Бояр², 2002

¹ Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

² Військова технічна академія (WAT). Варшава, Польща

Подано виявлений факт наявності кореляційної узгодженості

зміни параметрів кристалізаційної акустичної емісії (АЕ) щодо концентрацій елементів бінарного евтектичного розплаву згідно з видом діаграми стану. Запропоновано використовувати методику АЕ як метод неруйнівного контролю виникнення гравітаційної седиментації в робочих елементах реперних температурних точок на основі евтектичних металів.

Представлен обнаруженный нами факт наличия корреляционной согласованности изменения параметров возникшей при кристаллизации акустической эмиссии и других методик относительно концентрации элементов бинарного эвтектического расплава, а также вида диаграммы состояния. Предложено использовать методику акустической эмиссии в качестве методики неразрушающего контроля возникновения гравитационной седиментации в рабочих элементах реперных точек на основе эвтектических металлов.

In paper the fact, detected by us, of availability of correlation conformity of parameters changes of the acoustic emission (AE) which one arises from crystallization process, concerning concentration of a compound of binary eutectic melt and also relative to the phase diagram is introduced. It is offered to utilize a procedure AE as a procedure of a nondestructive examination of originating of gravitational sedimentation in working devices of temperature reference-point on the basis of eutectic metals.

Наповненість для практичного використання в метрології температурної шкали МТШ-90 реперними температурними пунктами (як це нами було показано у [1]) недостатня. У чистих металів (придатних до подібного використання) температури фазового переходу першого роду у температурному діапазоні, особливо цікавому з погляду практики (–90 – 300°C), відсутні.

З огляду на це для повнішого використання можливостей створення реперних пунктів на основі фазових переходів першого роду доцільно як робоче тіло репера застосовувати розплави евтектичної концентрації.

Практичною перевагою створення реперів на основі евтектик у температурах, проміжних прийнятим у ІСО-90, стандартними (реперними) є:

- можливість плавнішого градування пристроїв вимірювання температури;
- розробка реперів температури, що знаходяться усередині робочого діапазону термометра;
- можливість створення пристроїв перевірки термометрів, придатних до праці в “польових” умовах – з меншим рівнем енергоспоживання та вищим ступенем захисту від випромінювання.