

# **ТОМ 12**

**Секція 13 – Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та вимірювальна техніка**

**Белік Т. М., студентка гр. МВ–11**

**Науковий керівник: Глухова Н. В., к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій**

*(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)*

## ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ

Вода є найпоширенішим компонентом біосфери, в той же час – найважливішим, оскільки вона являє собою основне середовище для будь-яких метаболічних процесів. З точки зору екології вода використовується для вилучання і розчинення більшості природних і антропогенних відходів. Вода знаходиться в контакті з людиною в промислових, побутових або наукових цілях. Для дослідження її властивостей і якості роблять аналіз води.

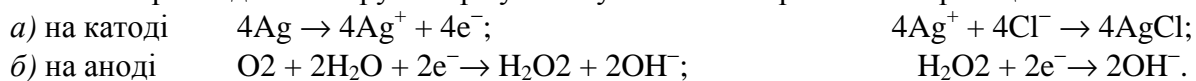
*Якість води* – це сукупність фізичних, хімічних та біологічних характеристик води, які розглядаються порівняно із існуючими стандартами. Первинні стандарти питної води діляться на шість груп: неорганічні та органічні хімічні сполуки, дезинфікуючі речовини, продукти дезинфекції, радіонукліди та мікроорганізми. Вторинні стандарти визначають критерії, які враховують вплив запаху, смаку, корозії, кольору води на комфорт людини (але не на здоров'я).

Серед основних параметрів якості поверхневих природних вод слід зазначити: рН, солоність, концентрацію розчиненого кисню, окисно-відновний потенціал, каламутність, температуру.

*Методи вимірювання параметрів води діляться на:* спектроскопічні (емісійна спектроскопія, атомно-абсорбційний аналіз, оптико-акустична спектроскопія, інфрачервона спектроскопія, флуоресцентна спектроскопія, спектроскопія на основі ядерно-магнітного резонансу, рентгенівська фотоелектронна спектроскопія, спектроскопія комбінаційного розсіювання, нефелометрія, турбідиметрія, поляриметрія, дисперсія оптичного обертання); електрохімічні (потенціометрія, вольтамперометрія або полярографія, кулонометрія, кондуктометрія), хроматографічні (ГХ, МС, ГХ-МС); радіохімічні.

Природні води, які знаходяться у рівновазі з атмосферою, містять розчинений кисень (РК) в діапазоні концентрацій від 14,5 до 5 мг О<sub>2</sub> на літр залежно від температури, солоності та широти місцевості. Розчинений кисень потрапляє у воду з атмосфери завдяки процесам дифузії, аерації та як продукт фотосинтетичної активності рослинного покриву.

*Вимірювання розчиненого кисню.* Електрод Кларка складається з платинового катода у формі диска, на якому підтримується потенціал –0,6 В по відношенню до кільцеподібного срібного аноду та тонкої (близько 20 мкм товщиною) мембрани, виконаної з поліетилену або тефлону. Електроди занурені у буферний розчин електроліту *KCl*, причому проміжок між електродами та мембраною, заповнений цим розчином, має товщину близько 10 мкм. Коли пристрій занурюють у воду, якість якої аналізується, молекулярний кисень дифундує через мембрану та плівку електроліту та під впливом прикладеної напруги бере участь у таких електрохімічних реакціях:



Завдяки *KCl* складається замкнутий електричний ланцюг, по якому протікає електричний струм, якщо подати на електроди напругу. Цей результуючий струм прямо пропорційний концентрації молекулярного кисню у розчині.

*Окисно-відновний потенціал.* Окисно-відновні реакції у природі – це процес віддавання електронів окисненою речовиною та приєднання цих електронів

відновлюваною речовиною. При цьому електричні потенціали обох речовин змінюються; речовина, що віддає електрони, набуває позитивний заряд, тоді як та, що приєднує електрони, отримує негативний заряд. Різниця електричних зарядів потенціалів між цими двома речовинами отримала назву окисно-відновного потенціалу (ОВП).

*Нульовий потенціал.* Потенціали окисно-відновних реакцій визначаються за припущенням, що електрони, які беруть участь у процесах  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2(\text{g})$ , мають потенціал, рівний нулю. Значення всіх інших окисно-відновних потенціалів оцінюються порівняно з цим рівнем.

*ОВП води.* Вода є складна суміш, що складається з атомів водню, кисню та інших хімічних елементів, що присутні у воді як домішки. Відбування у воді різноманітних окисно-відновних реакцій пояснює, чому значення окисно-відновного потенціалу води варіює в межах від  $-400$  до  $+700$  мВ. Значення ОВП характеризують хімічний склад води. В сучасних системах вимірювання ОВП один з електродів має реагувати на зміну концентрації речовини, що визначається. Цей електрод називаються *індикаторним* або *робочим*. Щоб він не реагував з компонентами речовини, його виготовляють з благородних металів (*Au, Pt, Hg*) або інертних матеріалів (наприклад, з графіту). Другий електрод називають *електродом порівняння*; він служить як точка відліку для параметра, що вимірюється індикаторним електродом. Зазвичай використовують хлоридсрібні (*AgCl*) або каломельні (*Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>*) електроди. Рівноважний потенціал зв'язаний з концентрацією рівнянням Нернста: 
$$E_p = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C(\text{Ox})}{C(\text{Red})}.$$

Тут  $E^0$  – стандартний електродний потенціал (В);  $R$  – молярна газова стала ( $8,31441 \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$ );  $T$  – абсолютна температура;  $F$  – стала Фарадея ( $96487 \text{ Кл}\cdot\text{моль}^{-1}$ ),  $n$  – кількість електронів, які беруть участь в реакції;  $C(\text{Ox})$  і  $C(\text{Red})$  – концентрації окислювача і відновника відповідно.

Процес вимірювання ОВП полягає в тому, що в розчин, який аналізують, занурюють індикаторний електрод і вимірюють його потенціал відносно електрода порівняння.

*Оцінювання каламутності.* За стандартну одиницю каламутності води приймають **нефелометричну одиницю каламутності** (NTU, Nephelometric Turbidity Units у США та FNU, Formazin Nephelometric Unit за міжнародними стандартами), яку отримують на основі використання певної концентрації суспензії полімера **формазину**.

*Прилад для оцінювання каламутності нефелометр* (або *турбідиметр*). Принцип дії нефелометра полягає у вимірюванні розсіяного під кутом  $90^\circ$  світла для малих рівнів каламутності та пропускання світла для зразків з великими рівнями каламутності.

Ознайомившись з основними показниками якості питної води та розглянувши принципи дії деяких приладів, можна зробити висновок, що параметри води є дуже важливими елементами аналізу, повинні вимірюватися з високою точністю та підпорядковуватися певним стандартам. Якість води, як питної, так і для побутових потреб, є в наш час актуальною проблемою не тільки для нашої держави, а й для всього світу.

### Перелік посилань

1. Показатели качества питьевой воды [Електронний ресурс]:/XOOMA WORLDWIDE – 2011. – Режим доступу: <http://www.xooma-water.com/pokazateli-kachestva-pitevoi-vody.html> - Назва з домашньої сторінки Інтернету.
2. Методи визначення концентрації розчиненого кисню у воді [Електронний ресурс]:/Реферат . – Режим доступу: [http://ua-referat.com/Методи\\_визначення\\_концентрації\\_розчиненого\\_кисню\\_у\\_воді](http://ua-referat.com/Методи_визначення_концентрації_розчиненого_кисню_у_воді) – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

Бутхарей Д.С. студентка гр. МВ-11

Науковий керівник: Біліченко Ю.М., к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ ІНФРАЧЕРВОНИХ ТЕРМОМЕТРІВ

Наука і техніка ніколи не стоять на місці, і з часом все більше поширення отримують пристрої та прилади, робота яких заснована на інших, принципово інших (наприклад, безконтактних) методах і принципах вимірювання. До одного з таких напрямів належить і пирометрия, або безконтактне вимірювання температури.

Будь тіла або об'єкта властиво теплове (температурне) випромінювання. Тепловим (температурним) випромінюванням (ТВ) називають електромагнітне випромінювання, що випускається тілом, речовина якого знаходиться в стані термодинамічної рівноваги і характеризується певною температурою.

Завдяки своїй електромагнітній природі ТВ, як і світло, що поширюється в просторі прямими лініями зі швидкістю світла. На вимірі теплової потужності повного випромінювання об'єкта як у видимому, так і невидимому діапазоні, і заснований принцип роботи радіаційних інфрачервоних пірометрів, або пірометрів повного випромінювання.

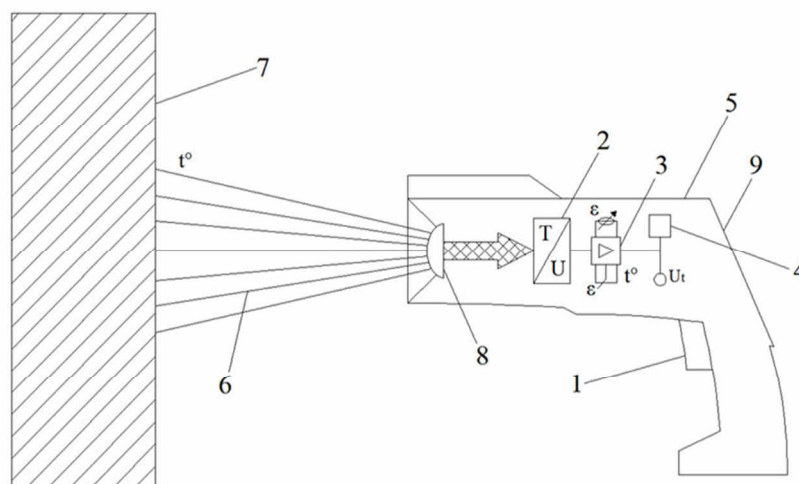


Рисунок 1 – Схематична будова пірометричного датчика

1 - кнопка ввімкнення/вимірю; 2 - інфрачервоний датчик; 3 - електронний перетворювач; 4 - вимірювальний пристрій; 5 - корпус; 6 - теплове випромінювання (ТИ); 7 - об'єкт вимірювання; 8 - система лінз; 9 – дисплей.

Різні об'єкти (або одні і ті ж об'єкти, але в різних умовах, мають різну здатність випромінювати і поглинати енергію у вигляді електромагнітних хвиль. Це означає, що для точного вимірювання температури конкретного об'єкта необхідно точно його значення показника чорноти, тобто, співвідношення випромінюється і поглинається енергії. Цей параметр дуже важливий, оскільки саме неправильно підібраний коефіцієнт випромінювання найчастіше є основним джерелом похибки і неточних або некоректних даних.

Взаємопов'язані між собою і такі параметри, як показник випромінювання і температура навколишнього середовища: при великій різниці температур об'єкта і навколишнього середовища і неправильно виставленому показнику чорноти результат може бути як сильно спотвореним так і близьким до дійсного. Саме тому необхідно підбирати як можна більш точний, правильний або близький коефіцієнт ви-

промінювання. Крім того, кінцевий результат безпосередньо залежить від згаданої вище різниці температур - чим вона більше, тим більше ця залежність і вплив на вимірювальний процес[1].

Сьогодні область застосування пірометрів воістину безмежна - сучасні моделі широко використовуються в усіх галузях промисловості, а також знайшли своє місце і в побуті. Розглянемо створення автопілота на основі застосування пірометричних датчика.

Автопілот - складний і дорогий пристрій. Пристрій включається між приймачем радіоуправління і сервомашинками. Коли «пілот» відпускав ручки управління, тобто переводив їх у середнє положення, включався автопілот і формував сигнали управління, необхідні для виведення моделі в горизонтальний політ. В якості датчика, який визначав кутове положення літака, використовувалися чотири фотодіоди, розміщені на платі під прямим кутом один до одного. Принцип вимірювання цих кутів (крену/тангажа) заснований на вимірі різниці яскравості землі і неба. Небо світліше, значить, при крені один фотодіод буде більш освітлений, ніж протилежний.

Пізніше в якості чутливих елементів почали використовуватися пірометри. Такий пристрій було названо пирогоризонтом. Пірометр, це, по суті, той же фотодіод, тільки працює в глибокому ІЧ діапазоні, де знаходяться власні теплові випромінювання тел. Будь-яке нагріте вище нуля за Кельвіном, тіло має емісією, згідно із законом Планка. Таким чином, і поверхня землі, і знаходиться в космосі речовину, будуть завжди мати інфрачервоним (ІЧ) випромінюванням.

Важливою особливістю пирогоризонта є те, що роздільна здатність визначення кутів крену і тангажа безпосередньо залежить від різниці температур земля/зеніт.

Розміщення пірометрів по осях симетрії моделі незручно, тому що хоча б один з датчиків виявиться затуляють гвинтом, двигуном, хвостовим оперенням і т. п. конструктивними елементами. Для усунення цих недоліків горизонтальні датчики пирогоризонта розміщуються діагонально, під кутом 45 градусів до осі симетрії моделі.

Пірометр - багатофункціональний універсальний пристрій для вимірювання температури. Це відмінна альтернатива контактним засобів в тих випадках, коли останні використовувати недоречно, нераціонально або небезпечно для життя і здоров'я людини.

Основними відмінними характеристиками і перевагами цих приладів є можливість вимірювання температур на відстані і в широкому діапазоні низьких і надвисоких), простота у використанні, надійність, точність, продуктивність і ергономічність[2].

### **Перелік посилань**

1. Криксунов Л. З. Довідник з основ інфрачервоної техніки/Л.З. Криксунов. - М.: Радянське радіо, 1978. - 400 с.
2. Прилади й техніка експерименту: наук.-практ. журн. / гл. ред. С.Г. Базиладзе,- 1979, № 3.

**Глинська А.С. студентка гр. МВ-13**

**Научный руководитель: Кийко В.В. ассистент кафедры метрологии и информационно-измерительных технологий**

*(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)*

## **ЕДИНЫЙ ЭТАЛОН ВРЕМЕНИ-ЧАСТОТЫ-ДЛИНЫ**

**Время.** Эталоны для измерения времени основаны на периодических процессах, период которых постоянен с большой точностью. Первоначально единственным известным процессом такого рода было вращение Земли вокруг своей оси, и единица времени – секунда - определялась как  $1/86400$  часть периода этого вращения, то есть суток. Длительность суток определялась из двух последовательных наблюдений прохождения какого-нибудь небесного светила через плоскость меридиана места наблюдения. Однако длительность интервала между двумя прохождениями Солнца через плоскость меридиана не совпадает с длительностью интервала, определённого по наблюдениям любой из «неподвижных» звёзд: солнечные сутки оказались на 4 минуты больше звёздных – следствие движения Земли по орбите. Пользоваться звёздным временем неудобно, так как вся наша жизнь связана со сменой дня и ночи, с солнечными сутками. Но определить их продолжительность с большой точностью весьма сложно: во – первых, Солнце слишком «велико»; во – вторых, солнечное излучение нагревает и деформирует точные приборы и, наконец, длительность солнечных суток изменяется в течение года вследствие изменения скорости движения Земли по орбите. Поэтому непосредственное определение периода вращения Земли выполняется по наблюдению звёзд, а для практических целей учитывают разницу между звёздными и солнечными сутками. Так возникло своеобразное положение, при котором мы пользуемся солнечным временем, определяя его по звёздам. В повседневной жизни за основную единицу времени принимают средние солнечные сутки, рассчитанные в предположении равномерного движения Земли по орбите. Время в таких сутках называют средним временем. Местное среднее время на Гринвичском меридиане называют всемирным временем и обозначают UT(Universal Time). Это всемирное время положено в основу создания нескольких астрономических шкал времени.

**Длина.** Впервые понятие метра появилось во Франции в период Великой французской революции. В качестве неизменного прототипа длины специальная комиссия Французской академии наук предложила взять длину одной десятиmillionной доли четверти Парижского меридиана. Это расстояние и назвали метром. После этого были проведены измерения длины дуги Парижского меридиана между Дюнкерком и Барселоной, на основании которых, а также в соответствии с теоретическим определением изготовили образец метра в виде платиновой линейки. Эта мера сдана в архив Французской республики, поэтому её в дальнейшем стали называть «архивным метром». Но далее оказалось, что вследствие возрастающей точности геодезических измерений значения метра и соответствующей части меридиана будут расходиться. Кроме того, длина меридианов не остаётся строго постоянной из-за смещения полюсов. И тогда решили больше не связывать значение меры длины с одной сорокаmillionной частью Парижского меридиана. Метр перестал быть «естественной» мерой. За точное значение метра был принят так называемый международный прототип, выбранный следующим образом. Изготовили 31 эталон в форме стержней X-образного сечения из платиноиридиевого сплава с двумя штрихами, расстояние между которыми равно размеру метра, и провели сравнение этих эталонов с «архивным метром». В пределах точности измерений эталон № 6 при 0°C оказался равным длине «архивного метра», и в

1889 году на первой Генеральной конференции по мерам и весам его приняли в качестве международного прототипа метра. Он хранится в Международном бюро мер и весов в городе Севре (близ Парижа). Из оставшихся 30 эталонов 28 были распределены по жребию между странами, участвовавшими в конференции 1889 года, а два оставлены как «эталон-копия» и «эталон-свидетель».

**Частота.** В начале 1970-х годов в США, Англии и СССР были выполнены эксперименты по уточнению скорости света в вакууме. Обработка результатов этих экспериментов дала значение  $c=299792458 \pm 1,2$  м/с с относительной погрешностью  $4 \times 10^{-9}$ . До этих экспериментов она была равна  $3 \times 10^{-7}$ . Но дальнейшее уточнение значения  $c$  было невозможно, так как величина  $4 \times 10^{-9}$  практически целиком обусловлена недостаточной точностью криптонового эталона длины, сравнением с которым вычислялась длина волны света. Было решено не уточнять  $c$ , а принять полученное значение 299792458 м/с за мировую константу. Поскольку скорость связывает расстояние и время, это позволило дать новое определение метра – через единицу времени. И в 1983 году XVII Генеральной конференции по мерам и весам постановили: «Метр – это расстояние, проходимое светом в вакууме за  $1/299792458$  долю секунды». Это определение полностью отменяет криптоновый эталон длины и делает метр не зависящим ни от какого источника света. Но зато придаёт ему зависимость от размера секунды, а значит, и герца - единицы частоты. Так впервые была установлена связь между длиной, временем и частотой. Эта связь привела к идее о создании единого эталона времени-частоты-длины (ВЧД), основанного на соотношении  $\lambda=c/v$ , где  $\lambda$ - длина волны излучения стабилизированного лазера,  $v$  – его частота. Частоту можно измерить с погрешностью, обеспеченной современным эталоном частоты ( $10^{-13}$  и менее). Однако эталон частоты, задающий атомную секунду, - цезиевый генератор, частота которого  $f_{\text{эт}} = 9\,192\,631\,770$  Гц лежит в радиодиапазоне. И чтобы измерить частоту лазера сравнением с эталонной частотой, надо осуществить переход эталонной частоты в оптический диапазон, то есть умножить её до оптических значений. Однако эталонная частота имеет нецелочисленную величину и неудобна для преобразований. Поэтому обычно вместо цезиевого генератора используют более низкочастотный кварцевый генератор с удобным значением частоты, например 5 МГц. Но такой генератор имеет гораздо меньшую стабильность частоты и сам по себе служить эталоном не может. Необходимо стабилизировать его частоту по цезиевому стандарту, придав ему такую же стабильность. Это осуществляется при помощи схемы фазовой автоподстройки частоты и передачи этой частоты в оптический диапазон. Так создаются эталоны частоты в оптическом диапазоне – оптические стандарты частоты. В качестве таких стандартов утверждены пять стабилизированных газовых лазеров. Следовательно, эталон длины, воспроизводящий метр в его новом определении, реализуется при помощи атомного (цезиевого) эталона времени и частоты дополненного РОЧМ. Этот комплекс и представляет собой единый эталон ВЧД. При этом характерно, что размеры всех единиц – единицы времени (секунды), частоты (герца) и длины (метра)- задаются двумя природными константами: резонансной частотой перехода в атоме цезия-133 и скоростью света в вакууме. В экспериментальном образце стронциевых оптических часов, разработанном в Токийском университете группой Хидетоси Катори, ионы стронция находятся в оптической ловушке на перекрестье шести лазерных лучей, под воздействием которых они удерживаются в «энергетических ямах», почти не взаимодействуя и излучая свет исключительно стабильной частоты. Точность стронциевых часов в тысячу раз превосходит точность цезиевых, используемых сегодня в качестве эталона времени и частоты.

#### Перечень ссылок

1. Голубев. А. В погоне за точностью // Наука и жизнь.-М.: 2009.-С.99-100.

**Головко В.С. студент гр. МВ-11**

**Научный руководитель: Биличенко Ю.Н. к.т.н., доцент кафедры метрологии и информационно-измерительных технологий**

*(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)*

## **ДАТЧИКИ И СЕНСОРЫ НА МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНАХ**

Современный смартфон — это не просто звонки и SMS, а намного большее. Статья будет посвящена датчикам и сенсорам, которыми разработчики оснащают современные устройства, чтобы их функциональность стала еще более разнообразной. Итак, что такое датчики и сенсоры? Это микроустройства в самом смартфоне (плеере, планшете, навигаторе, ноутбуке, цифровой фотокамере, игровой консоли и т.д.), которые делают его умным, а также связывают с внешним миром. Без них смартфон не будет столь интересен и востребован, так как гаджет окажется без связи с окружающей средой. Именно с помощью датчиков и сенсоров появляется связь с миром вокруг, а значит, появляются новые удивительные функции.

Из основных датчиков и сенсоров, известных многим, и без которых сегодня не обходятся разве что совсем уж бюджетные мобильные телефоны, можно выделить следующие:

### **Proximity Sensor (Датчик приближения)**

Датчик приближения позволяет определить приближение объекта без физического контакта с ним. Например, датчик приближения, установленный на мобильном телефоне, позволяет отключать подсветку экрана при приближении телефона к уху пользователя во время разговора. То есть, его основная задача заключается в блокировании смартфона, чтобы пользователь не нажал случайно, скажем, щекой на отбой.

### **Accelerometer (Акселерометр)**

Пожалуй, это самый распространенный датчик. G-сенсор, как его называют многие производители, сегодня можно встретить практически в каждом современном устройстве. Задача акселерометра проста — отслеживать ускорение, которое придается устройству. Вроде бы напрашивается вопрос, а зачем измерять ускорение смартфона? Но давайте задумаемся, в тот момент, когда мы переворачиваем телефон, происходит движения с ускорением. Акселерометр регистрирует его и, на основе полученных от него данных, запускает процесс, например, смены ориентации экрана.

### **Light Sensor (Датчик освещенности)**

Задачи этого датчика предельно просты и заключаются в том, чтобы определить степень наружного освещения и соответственно настроить яркость экрана. Благодаря такой автонастройке яркости, стала возможной экономия электроэнергии, особенно если вы хотите оптимизировать расход вашего аккумулятора.

### **Gyroscope Sensor (Гироскоп)**

История использования гироскопов берет свое начало еще в конце XIX века. Инерционные датчики на тот момент были распространены во флоте, так как с помощью гироскопа наиболее точно можно определить расположение сторон света. Позже, благодаря столь уникальной функции, гироскоп получил широкое распространение и в авиации. По своей конструкции гироскоп в мобильных телефонах напоминает классические роторные, представляющие собой быстро вращающийся диск, закрепленный на подвижных рамах. Даже при смене положения рам в пространстве ось вращения диска не изменится. Благодаря постоянному вращению диска, например, с помощью электромотора, и существует возможность постоянно определять положение объекта (в котором есть гироскоп) в пространстве, его наклоны либо крены.



### **Magnetic Field Sensor (Магнитный компас)**

После прихода в наш мир GPS-приемников, появились и цифровые компасы, правда, в эпоху развития навигационных технологий от них не так много пользы. Магнитометр, как и привычный магнитный компас, отслеживает ориентацию устройства в пространстве относительно магнитных полюсов Земли.

### **Барометр**

Помогает с позиционированием и этот сенсор. Барометр стал появляться в смартфонах совсем недавно, с выходом Samsung Galaxy Nexus, и может уменьшить время подключения к сигналу GPS. Встроенный барометр измеряет атмосферное давление в текущем местоположении владельца смартфона и определяет высоту над уровнем моря. Многие флагманские смартфоны сегодня оснащаются не только приемниками GPS и ГЛОНАСС, но и барометром, благодаря чему захват сигнала от спутника и определение первоначального местоположения происходит мгновенно.

### **3D-сенсор**

Сенсор, который постоянно сканирует окружающее пространство и создает компьютерную виртуальную модель с высокой точностью. Что-то подобное представляет из себя Kinect, но новая версия планшета Google Nexus 10 получила сенсор намного компактнее и уже есть готовые приложения, которые могут работать на планшете и продемонстрировать возможности не только самых современных игр.

### **Перспективы**

Недавно американский изобретатель Джейкоб Фрэйден основал компанию Fraden Corporation и запатентовал систему бесконтактного измерения температуры для мобильных устройств. На тыльной стороне смартфона размещается небольшой инфракрасный датчик, который всего за секунду может снять показания температуры тела пользователя. Таким образом, в будущем смартфоны вполне могут превратиться в наших персональных медицинских помощников. Фрэйден собирается создать также средства измерения ультрафиолетового излучения и электромагнитного загрязнения. А вот сотрудники из лаборатории Next Lab Массачусетского технологического института утверждают, что скоро датчики в смартфонах смогут обнаруживать аритмию и тахикардию, что заставит пользователей своевременно обращаться за помощью к врачам.

Дороніна М.А., аспірант

Науковий керівник: Корсун В.І., д.т.н., професор, завідувач кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ШЛЯХОМ КОРЕГУВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ ПОХИБКИ ДАТЧИКА

Одним із ключових факторів для підвищення точності вимірювання є зменшення динамічних похибок датчиків, що зумовлені їх інерційними властивостями та природою вхідного сигналу. Дуже часто динамічна складова похибки у декілька разів перевищує усі інші. Тож ця проблема є однією з основних в теорії динамічних вимірювань.

Для кожного датчика можна знайти передавальну функцію, що майже точно визначить характер зв'язку між вхідним та вихідним сигналами. Теоретично, маючи ідеальні умови та ідеальний датчик, вихідний сигнал завжди б дорівнював дійсному сигналу. Передавальну функцію у загальному випадку можна записати як:

$$F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_0} \quad (1)$$

Скорегувати динамічну похибку означає по вихідному сигналу пристрою  $y(t)$  знайти вхідний сигнал  $u(t)$ . Одним із методів зменшення динамічної похибки датчика є ввімкнення коригуючої ланки. Це може бути диференціальна, інтегральна або інтегродиференціальна складова.

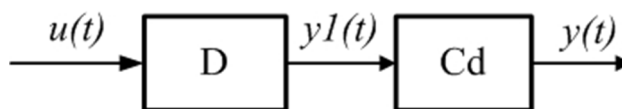


Рисунок 1—Послідовне підключення коригуючого пристрою

На рис.1. можна побачити, як до датчика ( $D$ ) послідовно підключений коригуючий пристрій ( $Cd$ ) з вхідним сигналом  $u(t)$ . Передавальна функція такої системи буде дорівнювати

$$F(s) = F_D(s) \cdot F_{Cd}(s) \quad (2)$$

де,  $F_{Cd}(s)$  - передавальна функція коригуючого пристрою,  $F_D(s)$  - передавальна функція датчика, а  $F'_D(s)$  - передавальна функція некорегуючої частини датчика.

Якщо виконується умова:

$$F_{Cd}(s) = \frac{F'_D(s)}{F_D(s)}, \quad (3)$$

тоді така система в ідеалі не буде мати динамічну похибку. Але доволі складно буває підібрати або спроектувати такий пристрій, щоб були враховані усі характеристики датчика. та забезпечити його точність[2].

Також широко застосовується підключення коригуючого пристрою паралельно до датчика, як показано на рис.2.

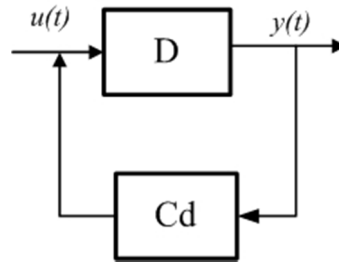


Рисунок 2–Паралельне ввімкнення коригуючого пристрою

Передавальна характеристика такої системи буде мати вигляд:

$$Y(s) = \frac{U(s)F_D(s)}{1 + F_D(s)F_{Cd}(s)} \quad (4)$$

Підвищення точності вимірювання досягається шляхом ввімкнення до вимірювальної системи додаткового обладнання. Але треба враховувати, що додаткові пристрої також будуть мати свою похибку. Тож не завжди є доцільним використання таких методів.

Формально задачу корегування динамічної похибки можна записати у вигляді операторного рівняння[3]:

$$u(t) = \beta^{-1}[y(t)], \quad (5)$$

де  $\beta^{-1}$  - обернений оператор пристрою.

Для коректно сформульованої задачі потрібно щоб виконувалось  $\beta x = 0$ , де x- єдине рішення, та спектр вхідного сигналу був обмежений.

Вираз (5) можна записати за допомогою рівняння згортки:

$$y(t) = \int h(t, \tau)u(\tau)d\tau \quad (6)$$

Для вирішення рівняння (6) необхідно апроксимувати інтеграл за допомогою чисельного інтегрування і дискретних даних. Результуюча система лінійних рівнянь буде некоректно поставленим завданням. Для вирішення таких задач широко застосовуються методи регуляризації[3]. Це дозволяє точно відновити вхідний сигнал при наявності динамічної характеристики датчика. Розв'язання оберненої задачі вимірювань є класичним способом зменшення динамічних похибок.

### Перелік посилань

1. Поляков Е.А. Требования к нормированию динамических характеристик средств измерений для обеспечения качественного восстановления входных сигналов./Е.А. Поляков// Вісник НТУ «ХП», -2013. -№4(978).- С. 85-89
2. Аналоговые измерительные устройства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://analogiu.ru/>
3. Грановский В.А. Динамические измерения: основы метрологического обеспечения./ В.А. Грановский. –Л.:Энергоатомиздат, 1984. -224с.

**Запорожец А.А., аспирант**

(Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев, Украина)

**Редько А.А., аспирант**

(Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОЙ СМЕСИ «ВОЗДУХ-ТОПЛИВО» АЛКАНОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ТЕПЛОАГРЕГАТАХ

При сжигании топливных материалов важно правильно регулировать количественное и качественное поступление воздуха в камеру сгорания (двигателя или печи). Если воздуха будет недостаточно, то количество кислорода необходимого для полного сжигания топлива будет не хватать, и новообразовавшиеся вещества (т.е. продукты неполного сгорания  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $C$ ) будут поступать в атмосферу. Достаточно очевидно, что такой ход процесса горения приводит к чрезмерному расходу топливных ресурсов и ухудшению экологической ситуации (локально и на больших территориях). Ясно и то, что чрезмерный избыток воздуха также недопустим, так как значительная часть тепла будет расходоваться на его подогрев [1].

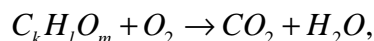
Таким образом возникает необходимость во введении коэффициента избытка воздуха (КИВ)  $\alpha$ , который определяется соотношением количества воздуха, поступившего в камеру сгорания, к теоретически необходимому:

$$\alpha = M / M_{теор},$$

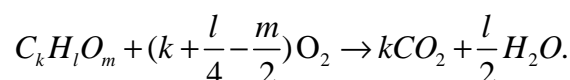
где  $M$  – действительная масса воздуха, подаваемого в камеру сгорания на 1 кг топлива,  $M_{теор}$  – теоретически рассчитанная масса воздуха. На практике КИВ зависит от вида топлива, способа его сжигания, конструкции камеры сгорания и определяется на основе опытных данных. Тем не менее, задача точного расчета теоретически необходимого количества топлива для осуществления стехиометрического горения не теряет своей актуальности.

Процесс горения алканов определяет главное направление их использования: метан является главным компонентом бытового газа, смесь пропана и бутана – бытового баллонного газа, жидкие вещества составляют основу моторного топлива: керосина, бензина, дизельного топлива, поэтому важность рассмотрения стехиометрии данных органических соединений не вызывает сомнения.

Стехиометрический процесс горения углеводородного топлива выглядит следующим образом:



и после уравнивания мольных коэффициентов:



Более точный расчет содержит несколько большее количество составляющих горения, что будет рассмотрено в последующих публикациях.

Тем не менее, окончательная формула расчета стехиометрического соотношения «воздух-топливо» выглядит следующим образом [2]:

$$AF = \frac{M_{пол}}{(k \cdot a + l \cdot b + m \cdot c)} \times \frac{\alpha}{[O_2]} \times \left(k + \frac{l}{4} - \frac{m}{2}\right),$$

На рис. приведены зависимости изменения теоретически необходимого соотношения «воздух-топливо» для обеспечения необходимого КИВ для метана, этана, пропана, бутана, пентана и гексана. С графиков видно, что зависимости являются линейными, характеризующими кинетику процесса соответственным образом. Также приведены значения стехиометрического массового состава воздушно-топливной смеси первых 6 членов гомологического ряда алканов. Более подробное рассмотрение процесса формирования стехиометрических смесей «воздух-топливо» алканов рассмотрено в работе [3].

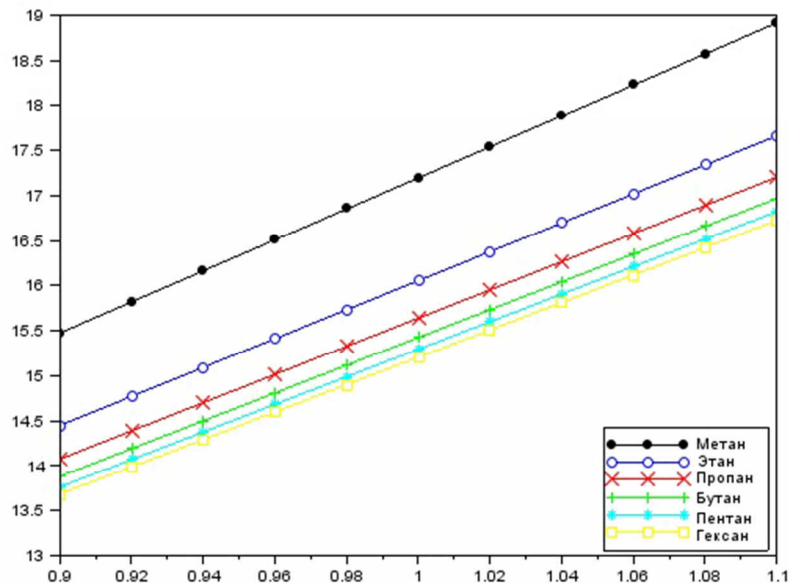


Рисунок 1 – Теоретическая зависимость изменения расхода воздуха на единицу топлива от КИВ

Также в последующих работах будет рассмотрено оценивание статистических характеристик измеряемых величин с помощью методов обработки малых выборок измерительной информации. Малое количество измеряемых значений обуславливается многими факторами, в том числе гетерогенностью объекта исследования и сложностью настройки на стабильную работу средств измерительной техники.

### Перечень ссылок

1. Бабак В.П., Назаренко О.О. Шляхи оптимізації процесів горіння в котлах в залежності від якості природного газу з використанням  $\alpha$  – зондів // Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики. Матеріали ХХІІ міжнародної конф. – 8-12 июня 2012, Ялта. – К.: 2012. – С. 178-181.
2. Patent №6209385B1 USA, IPC G01M 15/00. Method and system for determining air/fuel ratio of an engine's combustion process from its exhaust emissions / William M. Silvis, Ann Arbor (USA) – №08/671,516; fil. 27.06.1996; publ. 3.04.2001. – 11 p.
3. Запорожець А.О. Дослідження стехіометричної суміші «повітря-паливо» органічних сполук. Частина 1. Алкани / Наукоємні технології. – 2014. – №2. – С. 163-167.

**Земляной А.С.** студент гр. МВ-11

**Научный руководитель: Кийко В.В.,** ассистент кафедры метрологии и информации – измерительных технологий

(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина)

## УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение физической величины – процесс нахождения значения физической величины опытным путем, он проводится с помощью различных средств измерений – мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, систем, установок и т. д. Средства измерения при эксплуатации всегда подвергаются воздействию, изменяющихся во времени, внешних условий эксплуатации. Прежде всего, это характеристики окружающей среды, в которой проводятся измерения, или климатические условия: температура, влажность, давление, магнитное поле и т.д. Также это могут быть характеристики питания средств измерений, например нестабильность напряжения питания его частота. Во время измерения нужно контролировать и учитывать их влияние на результат измерений. Каждую из величин, что характеризуют условия измерений, называют влияющей величиной.

Влияющая величина[1] – физическая величина, не являющаяся измеряемой данным средством измерения, но оказывающая влияние на результат измерений.

Нормальные условия измерения – условия измерения, характеризируемые совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости. Нормальные условия измерений устанавливаются в нормативных документах на средство измерения конкретного типа или при их поверке.

Нормальные значения основных влияющих величин при линейных и угловых измерениях[2]:

- Температура окружающей среды 20° С;
- Атмосферное давление 101325 Па (760 мм рт. ст.);
- Относительная влажность окружающего воздуха 58%
- Ускорение свободного падения (ускорение силы тяжести) 9,8 м/с<sup>2</sup>;
- Плотность воздуха 1,2 кг/м<sup>3</sup>;
- Значение внешних сил, кроме силы тяжести, атмосферного давления, действия магнитного поля Земли, равны нулю.

На практике обеспечить точные значения влияющих величин бывает довольно трудно. Поэтому обычно устанавливают пределы нормальной области значений влияющих величин, в границах которой влиянием их на результат измерения можно пренебречь. Например, относительная влажность (58±10)%. Если измерения выполняются за пределами этих значений влияющих величин, то считается, что они выполняются в рабочих условиях.

Рабочие условия измерения[3] – это условия, при которых значения влияющих величин находятся в пределах рабочих областей и для которых в свою очередь нормируют дополнительную погрешность или изменение показаний. Например, рабочая область изменения напряжения в сети от 180 до 230 В. Значение влияющих величин в рабочих условия эксплуатации средства измерения приведено в таблице 1 [1]. Относительно влияния на метрологические характеристики климатических факторов (температуры и влажности воздуха) все средства измерения разделены на семь групп, для каждой из которых установлено соответственные рабочие области значений влияющих величин.

Рабочие условия эксплуатации средства измерения

Влияющая величина	Значение влияющей величины для групп СИ						
	1	2	3	4	5	6	7
Температура воздуха $\Theta$ , С: - нижняя граница; - верхняя граница	10 25	10 35	5 40	-10 40	-30 50	-50 60	-30 70
Относительная влажность $v$ , %	80 при 20° С	80 при 25° С	90 при 25° С	90 при 30° С	90 при 30° С	95 при 35° С	80 при 30° С
Атмосферное давление $P$ кПа (мм рт. ст.)	84...106,7 (630...800)						
Внешнее магнитное поле $H$ А/м	400						
Частота измеряемого сигнала $f$ , Гц	Номинальная частота $\pm 10\%$						
Напряжение сети питания $U_n$ , В	Номинальное напряжение $\pm 10\%$						
Частота сети питания $f_n$ , Гц	Номинальная частота $\pm 10\%$						

В нормальных условиях нормируют основную погрешность средства измерения. Если значение влияющей величины выходит за границы нормальных значений (но в пределах рабочих), кроме основной, возникает и дополнительная погрешность средства измерения, которую называют по названию влияющей величины. Например, если температура окружающей среды выходит за границы нормальной области, дополнительную погрешность называют температурной. За границами рабочих условий эксплуатация средства измерения не допускается.

**Вывод:** Основным в процессе измерения является обеспечение точности. Точность измерения зависит от множества факторов, главными из которых являются: предельные погрешности применяемых средства измерения, метрологические характеристики средства измерения, точность принятых методов измерения, обеспечение требуемых условий измерений.

Для проведения точных измерений необходимо соблюдать нормальные или рабочие условия средства измерения, которые определяются документацией на средство измерения (стандартами, техническими условиями). Например, высокоточные лабораторные средства измерения должны эксплуатироваться при небольших изменениях влияющих величин, в то время как приборы военного назначения должны нормально функционировать в широком диапазоне изменения влияющих величин.

### Перечень ссылок

1. Дорожовец М. М., Мотало В. П., Стадник Б. І. та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2-х т. Т.1: Основи метрології . /За ред. д-ра техн. наук, проф. Б. Стадника. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. – 532 с.
2. ДСТУ ГОСТ 8.050:2009
3. Пронкин Н.С. Основы метрологии: практикум по метрологии и измерениям: учеб. пособие для вузов/Н.С. Пронкин. – М.: Логос; Университетская книга, 2007. – 393с.

Іванова Є. Д. студентка гр. МВТ-14

Науковий керівник: Корсун В. І., д. т. н., проф., завідувач кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕРМОЗМІЦНЕННЯ АРМАТУРНОГО ПРОКАТУ РОЗРАХУНКОВИМ ШЛЯХОМ

Для контролю технологічного процесу виробництва арматурного прокату що термозміцнюється, на ряді дрібносортовних прокатних станів ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", використовуються інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), які призначені для непрямої оцінки механічних властивостей (значення  $\sigma_B$ ) готового прокату безпосередньо на виході з установки примусового охолодження в процесі прокатки. У цей час системи перебувають у дослідній експлуатації. Комплексна перевірка систем не проводилася на увазі високих фінансових витрат необхідних на організацію операцій з перевірки, що вимагають тривалих зупинок і зміни планів виробництва. Проте, визначення метрологічних характеристик (МХ) системи в реальних умовах експлуатації є актуальним завданням, що може бути вирішено розрахунковим шляхом.

Структура одного каналу виміру наведена на рисунку 1. До його складу входять пірометр що вимірює середньомасову температуру прокату (ПСМ), пірометр що вимірює температуру поверхні прокату на виході з установки прискореного охолодження (ППВ), датчик магнітної фази (ДМФ), із системами намагнічування (СН) і зчитування (СЗ), джерело живлення обмотки СН ДМФ (ДЖ), комутатора (К), вузол гальванічної розв'язки і нормалізації (ВГР), аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) і контролер якій управляє (КУ). Після оцифрування результатів вимірювання окремих фізичних величин значення  $\sigma_B$  розраховується за допомогою послідовності емпіричних форму.

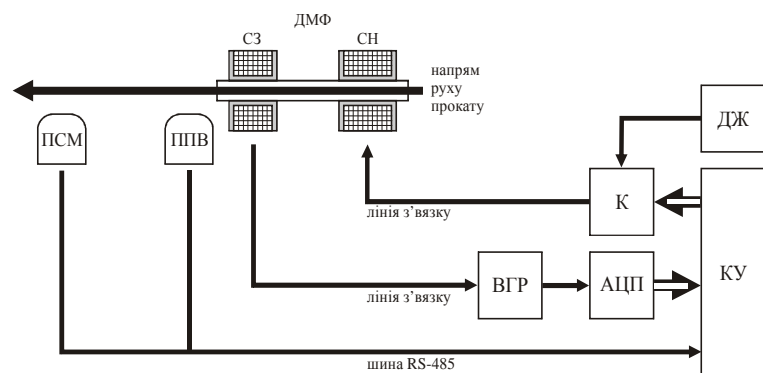


Рисунок 1 - Структура каналу ІВС

Задача визначення МХ системи в реальних умовах експлуатації розрахунковим шляхом була вирішена автором в межах виконання кваліфікаційної роботи бакалавра на тему «Система контролю процесу термозміцнення арматурного прокату».

Вибір методики визначення МХ каналу виміру системи розрахунковим шляхом здійснений відповідно до вимог ГОСТ 8.009-84 [1]. Враховуючи, що похибка при оцінюванні механічних властивостей арматурного прокату безпосередньо впливає на якість продукції, що випускається великими партіями, і може бути причиною значних фінансових втрат, у якості методики визначення МХ каналу виміру системи розрахунковим шляхом прийнятий другий метод розрахунку по ГОСТ 8.009-84 [1] - розрахунок найбільших можливих значень складових похибки вимірювального засобу (ВЗ). Для даного методу розрахунок результуючої похибки полягає в арифметичному підсумовуванні модулів найбільших можливих значень всіх істотних складових похибки вимірів.



Ці найбільші можливі значення являють собою границі інтервалів, у яких відповідні складові перебувають із імовірністю, рівній одиниці, тобто являють собою межі похибок, що допускаються.

Визначення чисельного значення максимальної похибки системи виконувалося на підставі початкових даних, що відповідають технологічному процесу виробництва арматурного прокату класу міцності А500. Метрологічні характеристики ВЗ, що входять до складу системи, були отримані з їхніх паспортних даних. Інтервали зміни величин що впливають відповідають реальним умовам експлуатації обладнання.

Після виділення основних складових похибки, в результаті обчислень була отримана залежність зведеної максимальної похибки каналу виміру системи у функції діаметра прокату, графік якої наведено на малюнку 2.

Отримані результати показують, що максимальна похибка виміру тимчасового опору розриву менше припустимого відхилення даного параметра, яке регламентується стандартами [2, 3], в 3,1-5,5 рази. При цьому менші значення відношення відповідають профілям з меншим діаметром.

Таким чином, метрологічні характеристики ІВС контролю технологічного процесу термозміцнення арматурного прокату забезпечують можливість підтримки його механічних властивостей (величини тимчасового опору розриву) на рівні номінального значення. При цьому забезпечується достатній запас по регулюванню.

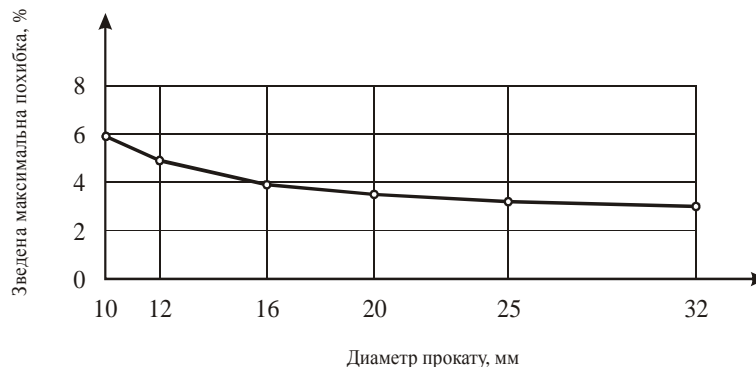


Рисунок 2 – Зведена максимальна похибка каналу виміру ІВС як функція діаметру прокату

### Перелік посилань

1. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерения: Нормативно-технические документы (ГОСТ 8.009-84, методический материал по применению ГОСТ 8.009-84, РД 50-453-84). – М.: Изд-во стандартов, 1988.
2. ДСТУ ГОСТ 10884-94. Сталь арматурна термомеханічно зміцнена. Технічні умови. – Замість ГОСТ 10884-81; чинний від 1996-01-01. – К.: Держстандарт України, 1996. – 25 с. – (Державний стандарт України).
3. ДСТУ 3760-2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні умови. – Замість 3760-98; чинний від 2007-10-01. – К.: Держстандарт України, 1998. – 20 с. – (Державний стандарт України).

**Карчинский Р.И.** студент гр. МВ-12

**Научный руководитель: Коваленко И.В., ассистент кафедры метрологии и информационно-измерительных технологий**

(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепропетровск, Украина)

## АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Аналого-цифровое преобразование – это процесс преобразования входной физической величины в ее числовое представление. Аналого-цифровой преобразователь – устройство, выполняющее такое преобразование. Формально, входной величиной АЦП может быть любая физическая величина – напряжение, ток, сопротивление, емкость, частота следования импульсов, угол поворота вала и т.п.

**Аналого-цифровой преобразователь (АЦП, англ. Analog-to-digital converter, ADC)** — устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал). Как правило, АЦП — электронное устройство, преобразующее напряжение в двоичный цифровой код.

### Основные характеристики АЦП

АЦП имеет множество характеристик, из которых основными можно назвать частоту преобразования и разрядность. Частота преобразования обычно выражается в отчетах в секунду (samples per second, SPS), разрядность – в битах. Современные АЦП могут иметь разрядность до 24 бит и скорость преобразования до единиц GSPS (конечно, не одновременно). Чем выше скорость и разрядность, тем труднее получить требуемые характеристики, тем дороже и сложнее преобразователь. Скорость преобразования и разрядность связаны друг с другом определенным образом, и мы можем повысить эффективную разрядность преобразования, пожертвовав скоростью.

**Разрядность АЦП** характеризует количество дискретных значений, которые преобразователь может выдать на выходе. В двоичных АЦП измеряется в битах, в троичных АЦП измеряется в тритах. Например, двоичный АЦП, способный выдать 256 дискретных значений (0...255), имеет разрядность 8 бит, поскольку  $2^8 = 256$ , троичный АЦП, имеющий разрядность 8 трит, способен выдать 6561 дискретное значение, поскольку  $3^8 = 6561$ .

### Частота дискретизации

Аналоговый сигнал является непрерывной функцией времени, в АЦП он преобразуется в последовательность цифровых значений. Следовательно, необходимо определить частоту выборки цифровых значений из аналогового сигнала. Частота, с которой производятся цифровые значения, получила название *частота дискретизации* АЦП. Непрерывно меняющийся сигнал с ограниченной спектральной полосой подвергается **оцифровке** (то есть значения сигнала измеряются через интервал времени  $T$  — период дискретизации) и исходный сигнал может быть *точно* восстановлен из дискретных во времени значений путём интерполяции. Точность восстановления ограничена ошибкой квантования. Однако в соответствии с теоремой Котельникова-Шеннона точное восстановление возможно только если частота дискретизации выше, чем удвоенная максимальная частота в спектре сигнала.

### Типы АЦП

- АЦП параллельного преобразования (прямого преобразования, flash ADC)
- АЦП последовательного приближения (SAR ADC)
- дельта-сигма АЦП (АЦП с балансировкой заряда)

**АЦП прямого преобразования** содержит по одному компаратору на каждый дискретный уровень входного сигнала. В любой момент времени только компараторы,

соответствующие уровням ниже уровня входного сигнала, выдадут на своём выходе сигнал превышения. Сигналы со всех компараторов поступают на логическую схему, которая выдаёт цифровой код, зависящий от того, сколько и какие компараторы показали превышение. Параллельные АЦП очень быстры, но обычно имеют разрешение не более 8 бит (256 компараторов), так как имеют большую и дорогую схему.

**АЦП последовательного приближения** измеряет величину входного сигнала, осуществляя ряд последовательных «взвешиваний», то есть сравнений величины входного напряжения с рядом величин.

Содержит компаратор, вспомогательный ЦАП и регистр последовательного приближения. АЦП преобразует аналоговый сигнал в цифровой за  $N$  шагов, где  $N$  — разрядность АЦП. На каждом шаге определяется по одному биту искомого цифрового значения, начиная от СЗР и заканчивая МЗР.

**Дельта-сигма АЦП** содержат генератор стабильного тока, компаратор, интегратор тока, тактовый генератор и счётчик импульсов. Преобразование происходит в два этапа (*двухстадийное интегрирование*). На первом этапе значение входного напряжения преобразуется в ток (пропорциональный входному напряжению), который подаётся на интегратор тока, заряд которого изначально равен нулю. Этот процесс длится в течение времени  $TN$ , где  $T$  — период тактового генератора,  $N$  — константа (большое целое число, определяет время накопления заряда). По прошествии этого времени вход интегратора отключается от входа АЦП и подключается к генератору стабильного тока.

**Применение** Аналого-цифровое преобразование используется везде, где требуется обрабатывать, хранить или передавать сигнал в цифровой форме.

- АЦП являются составной частью систем сбора данных.
- Быстрые видео АЦП используются в ТВ-тюнерах.
- Медленные встроенные 8, 10, 12 или 16-битные АЦП часто входят в состав микроконтроллеров.
- Очень быстрые АЦП необходимы в цифровых осциллографах.
- Современные весы используют АЦП с разрядностью до 24 бит, преобразующие сигнал непосредственно от тензометрического датчика.
- АЦП входят в состав радиомодемов и других устройств радиопередачи данных, где используются совместно с процессором ЦОС в качестве демодулятора.
- Сверхбыстрые АЦП используются в антенных системах базовых станций (в так называемых SMART-антеннах) и в антенных решётках РЛС.
- АЦП встроены в большую часть современной звукозаписывающей аппаратуры. Современные АЦП, используемые в звукозаписи, могут работать на частотах дискретизации до 192 кГц.

### Перечень ссылок

1. Хоровиц П., Хилл У. *Искусство схемотехники*. В 3-х томах: Т. 2. Пер. с англ. — 4-е изд., перераб. и доп./П. Хоровиц, У. Хилл. — М.: Мир, 1993. — 371 с. ISBN 5-03-002338-0.
2. S. Norsworthy, R. Schreier, G. Temes. *Delta-Sigma Data Converters*. ISBN 0-7803-1045-
3. Mingliang Liu. *Demystifying Switched-Capacitor Circuits*. ISBN 0-7506-7907-7.
4. Behzad Razavi. *Principles of Data Conversion System Design*. ISBN 0-7803-1093-4.
5. David Johns, Ken Martin. *Analog Integrated Circuit Design*. ISBN 0-471-14448-7.

**Коваленко І.В., асистент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій.**

**Кійко В.В., асистент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій.**

*(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)*

## **НАСКРІЗНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ**

Для створення ефективної системи управління якістю необхідно використовувати наскрізну ідентифікацію виробленої продукції. Один з пунктів ДСТУ ISO 9001:2009 присвячений виробництву так і звучить: «Ідентифікація та простежуваність». Це якщо і не найголовніший, то один з ключових пунктів системи менеджменту якості. Більш того, при грамотній реалізації цієї умови на виробничому підприємстві і жорсткому контролі за його виконанням попутно вирішується ще кілька проблем.

Напевно, в якості продукції ми будемо впевнені тільки тоді, коли ми будемо переконані, що всі заплановані технологічні та контрольні операції виконані з позитивним результатом. Наскрізна ідентифікація продукції означає, що на будь-якому етапі виробництва товару і, навіть після його відвантаження покупцеві, виробник може відновити повну картину технологічного ланцюга виготовлення саме цієї одиниці продукції, встановити причини невідповідностей продукції через встановлення "браконосних" сировини, застосованого устаткування, виконавців технологічних і контрольних операцій. Тобто, виявивши невідповідну готову продукцію, ми, за допомогою механізму ідентифікації та простежуваності, можемо дізнатися, з якої сировини, ким і на якому обладнанні виготовлена ця продукція і ким здійснено її контроль на всіх стадіях виробництва.

Як можливо впровадити процедуру ідентифікації та простежуваності?

Крок перший. Встановити цілі ідентифікації та простежуваності. Вони можуть бути наступними:

- визначення тих, що входять у готову продукцію сировини, матеріалів, комплектуючих виробів;
- відстеження продукції в технологічному потоці;
- встановлення конкретного виконавця тієї чи іншої технологічної операції;
- облік продукції;
- визначення місця, часу виникнення невідповідної продукції;
- встановлення всього обсягу невідповідної продукції;
- здійснення оперативного та систематичного встановлення причин невідповідностей.

Крок другий. Визначити перелік продукції, що підлягає ідентифікації та простежуваності. До цього переліку необхідно включити продукцію, яка "приносить" найбільшу кількість дефектів.

Крок третій. Визначити фактори (на основі досвіду, статистичних даних тощо), які найбільшою мірою є проблемними в плані забезпечення якості кінцевої продукції (критичні фактори) і які необхідно простежувати. До визначення критичних чинників потрібно підійти найбільш відповідально, тому що помилка в їх виборі може відбитися безпосередньо на досягненні цілей ідентифікації та простежуваності.

Крок четвертий. Визначити ідентифікаційні ознаки критичних параметрів.

Крок п'ятий. Визначити виробничий цикл, починаючи з отримання сировини від постачальника і закінчуючи поставкою готової продукції споживачу. У цей виробничий цикл включити всі операції, як технологічні, так і виробничі (зберігання, транспортування та ін.). Обов'язково включити всі контрольні операції.

Крок шостий. Розробити супровідні документи або інші носії інформації про ідентифіковану продукцію.

Якщо виробничий цикл короткий, технологічних операцій небагато, а продукція серійна і її асортимент невеликий, то організація документообігу для створення наскрізної ідентифікації продукції не становить проблеми. Якщо виробничий процес складніший, то потрібно розробляти найбільш оптимальну, для кожного конкретного випадку, систему ідентифікації. Слово «оптимальний», в даному випадку, ключове, т.я. постійно відстежувати все без винятків, в принципі, не складно - поставте контролерів на кожну операцію, і вони будуть маркувати всю продукцію поспіль. Але питання: скільки це буде коштувати і чи потрібно це такою ціною? Може статися, що таке маркування обійдеться в кілька разів дорожче, ніж сама технологічна операція. Найкраще вбудувати систему ідентифікації безпосередньо в технологічний процес, або ввести відповідні відмітки прямо в технологічних картах. Або використовувати індивідуальні клейма. Тоді витрати на ідентифікацію будуть мінімальними, а сама система буде простою і надійною.

Якщо повністю вписати ідентифікацію в існуючу технологію досить складно або навіть неможливо, то необхідно розробляти систему документообігу, що дозволяє фіксувати переміщення сировини і матеріалів, окремих виробів, партій напівфабрикатів від однієї операції до іншої, від складу сировини до відвантаження конкретному клієнтові. Це можуть бути маршрутні, або операційні, або технологічні карти, або паспорта якості, і т.д. з прописаною послідовністю технологічних операцій і відповідними відмітками виконавців: прізвище або код виконавця, дата і час початку та закінчення операції, ключові фактичні параметри деталей, які необхідно контролювати на вході і виході, комплектність та ін. Особливість цих документів полягає в тому, що вони супроводжують продукцію на всьому технологічному шляху її проходження від складу сировини до відвантаження покупцеві, тому по них можна легко простежити всю історію виготовлення будь-якого конкретного товару.

Будь-яка система в цьому світі може існувати скільки-небудь тривалий час, тільки якщо вона володіє зворотним зв'язком і використовує його для підтримки системи в рівноважному стані. Іншими словами, система повинна мати механізм, який би дозволив оцінити, які зміни відбулися в системі від того чи іншого впливу, проаналізувати на скільки поточний стан відповідає очікуваному, спланувати і здійснити наступну дію, щоб нівелювати небажані наслідки від попереднього впливу або, навпаки, підсилити його позитивний ефект. Наскрізна ідентифікація - це теж елемент зворотного зв'язку, без якої не може обійтися жодне підприємство. Для створення ефективної системи менеджменту якості з мінімальними витратами, необхідно організувати один загальний інформаційний управлінський потік, органічною частиною якого і повинна стати наскрізна ідентифікація.

З усього вищесказаного випливає, що наскрізна ідентифікація є не тільки важливим елементом системи менеджменту якості, але може стати основою всього інформаційного потоку, орієнтованого на ефективне управління підприємством.

### **Перелік посилань**

1. Система управління якістю. Вимоги. (ISO 9001:2008, IDT): ДСТУ ISO 9001:2009. – [Чинний від 2009—09—01] . — К. : Держспоживстандарт України, 2009.26 с. — (Національний стандарт України).

**Кодрін Я.І., студент гр. МВ-11**

**Науковий керівник: Тарасенко В.Г., к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірвальних технологій**

*(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)*

## **ВИДИ СЕРТИФІКАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ, ТА ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ СЕРТИФІКАЦІЇ УКРАЇНИ**

**Сертифікація продукції** - процедура, за допомогою якої третя сторона дає письмову гарантію, що продукція, процес чи послуга відповідають заданим вимогам.

**Основна мета сертифікації** – максимально об'єктивно ідентифікувати продукцію і створити умови неможливості попадання до споживача неякісної чи небезпечної продукції

**Сертифікація продукції здійснюється з метою:**

- запобігання реалізації продукції, небезпечної для життя, здоров'я та майна громадян і навколишнього природного середовища;
- сприяння споживачеві в компетентному виборі продукції.

ДЕРЖАВНУ СИСТЕМУ СЕРТИФІКАЦІЇ представляє **Департамент технічного регулювання та метрології** - національний орган України з сертифікації, який здійснює та координує усі роботи.

Функції Державної системи сертифікації:

- визначає основні принципи, структуру та правила системи сертифікації в Україні;
- затверджує переліки продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації, та визначає терміни її запровадження;
- призначає органи з сертифікації продукції;
- акредитує органи з сертифікації та випробувальні лабораторії (центри), атестує експертів-аудиторів;
- встановлює правила визнання сертифікатів інших країн;
- розглядає спірні питання з випробувань і дотримання правил сертифікації продукції;
- веде Реєстр системи сертифікації;
- організує інформаційне забезпечення з питань сертифікації. Держспоживстандарт України в межах своєї компетенції несе відповідальність за дотримання правил і порядку сертифікації продукції.

Напрямок розвитку української системи технічного регулювання визначено Угодою про партнерство та співпрацю між Україною та Європейським Союзом. Це забезпечило:

- участь країни у робочій групі з питань стандартизації Європейської економічної комісії ООН;
- входження до Міжнародної системи сертифікації;
- приєднання у 1996 р. до Кодексу встановленої практики розробки, прийняття та застосування стандартів Угоди по технічних бар'єрах у торгівлі GAT/WTO;
- вступ України до організації метрологічних закладів країн Європи.

**Висновок:** Департамент технічного регулювання та метрології організує інформаційне забезпечення з питань сертифікації та забезпечує відповідну якість на продукцію яка вживається в Україні.

**Ларионов Ю.И., студент гр. МВ-11**

**Научный руководитель: Белан В.Т., доцент кафедры метрологии и информационно-измерительных технологий**

*(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепропетровск, Украина)*

## **ШКАЛА КАК ЭЛЕМЕНТ ИНДИКАЦИИ В МЕТРОЛОГИИ**

Оценку любого свойства некоторого объекта можно рассматривать как результат измерения качества данного свойства. Поэтому измерения в самом широком смысле термина являются объектом изучения и прикладным инструментом квалиметрии. Квалиметрия – это научная область, объединяющая количественные методы оценки качества, используемые для обоснования решений, принимаемых при управлении качеством продукции и стандартизации. Предметом квалиметрии является качество объектов с точки зрения возможностей его описания и количественного выражения. Поскольку качество объекта представляет собой совокупность всех его свойств, количественная оценка качества всегда начинается с количественной оценки его отдельных свойств. При этом под оценкой свойства объекта подразумевается определение местоположения данного свойства на определенной оценочной шкале. Шкала — это упорядоченный ряд отметок, соответствующий соотношению последовательных значений измеряемых величин. Шкалой измерений называется принятая по соглашению последовательность значений одноименных величин различного размера.

### **Разновидности шкал**

В квалиметрии принято использовать следующие виды шкал:

- 1) Шкала наименований (номинационная или номинальная шкала);
- 2) Шкала порядка (ординальная или ранговая шкала);
- 3) Шкала интервалов (интервальная шкала);
- 4) Шкала отношений.
- 5) Шкала абсолютных величин.

**Выводы:** На основании вышеизложенного материала можно сделать вывод, что шкала является неотъемлемой частью любого устройства СИ, важным элементом индикации в метрологии

### **Перечень ссылок**

1. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении./В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин. - М. Финансы и статистика, 2002. - 368 с.
2. Перегудов Ф.И., Тарасевич Ф.П. Введение в системный анализ. / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасевич. - М.: Высшая школа, 1989. - 367 с.
3. 3. Ильясов Ф. Н. Шкалы и специфика социологического измерения // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2014. №1. С. 3-16.

**Мирная А.Л.** студентка гр. МВ-11

**Научный руководитель: Корсун В. И., д.т.н., профессор кафедры метрологии и информационно-измерительных технологий**

*(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепропетровск, Украина)*

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

*Качество продукции* – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность, способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

*Качество изделия продукции* – понятие относительное и может быть оценено количественно путем сравнения с однотипными (базовыми) изделиями одинакового назначения. Относительная характеристика качества продукции, основанная на ее сравнении с соответствующей совокупностью базовых показателей, называется *уровнем качества продукции*. [1] *В современной теории и практике управления качеством выделяют следующие пять основных этапов:*

- 1) принятие решений «что производить?»
- 2) проверка готовности производства и распределение организационной ответственности;
- 3) процесс изготовления продукции или предоставления услуг;
- 4) устранение дефектов и обеспечение информацией обратной связи в целях внесения в процесс производства и контроля изменений, позволяющих избегать выявленных дефектов в будущем;
- 5) разработка долгосрочных планов по качеству

*На первом этапе* качество означает ту степень, в которой товары или услуги фирмы соответствуют ее внутренним техническим условиям. Этот аспект качества называют качеством соответствия техническим условиям.

*На втором этапе* оценивается качество конструкции. Качество может отвечать техническим требованиям фирмы на конструкцию изделия, однако, сама конструкция может быть как высокого, так и низкого качества.

*На третьем этапе* качество означает ту степень, в которой работа или функционирование услуг (товаров) фирмы удовлетворяет реальным потребностям потребителей.

Под *управлением качеством продукции* понимают постоянный, планомерный, целеустремленный процесс воздействия на всех уровнях на факторы и условия, обеспечивающий создание продукции оптимального качества и полноценное ее использование. [1] *Система Управления качеством продукции включает следующие функции:*

- 1) стратегического, тактического и оперативного управлений;
- 2) принятия решений, Управляющих воздействий, Анализа и учета, информационно-контрольные;
- 3) специализированные и общие для всех стадий жизненного цикла продукции;
- 4) управления по научно-техническим, производственным, экономическим и социальным факторам и условиям.

*Стратегические Функции включают:*

- Прогнозирование и анализ базовых показателей качества;
- Определение направлений проектных и конструкторских работ;
- Анализ достигнутых результатов качества производства;
- Анализ информации о рекламациях;



– Анализ информации о потребительском спросе.

*Тактические функции:*

– управление сферой производства;

– поддержание на уровне заданных показателей качества;

– взаимодействие с управляемыми объектами и внешней средой. Система управления качеством продукции представляет собой совокупность управленческих органов и объектов управления, мероприятий, методов и средств, направленных на установление, обеспечение и поддержание высокого уровня качества продукции. [1]

*Управление качеством* — аспекты выполнения функции управления, которые определяют политику, цели и ответственность в области качества, а также осуществлять их с помощью таких средств, как планирование качества, оперативное управление качеством, обеспечение качества и улучшение качества в рамках системы качества [18]. В понятие "управление качеством" входят следующие аспекты:

*Общие аспекты:*

- планирование на уровне высшего руководства;
- систематизация и документальное оформление деятельности в виде методик, протоколов, инструкций и др.; вовлечение всех производственных ресурсов и всего персонала;
- широкое использование стандартизации, в том числе и международных стандартов, в управлении качеством; регулярные проверки, изучение обратной связи и корректировка действий; непрерывное обучение персонала приемам и методам управления качеством.

*Технические аспекты:* использование в производстве последних мировых стандартов или стандартов, превышающих уровень мировых; контроль продукции на каждом этапе в процессе производства с использованием необходимых средств контроля; диагностика оборудования; обеспечение управляемости всеми процессами и прослеживание каждой единицы продукции; регулярный пересмотр технологий.

*Экономические аспекты:* управление экономикой качества; планирование капиталовложений в качество (затраты на функционирование системы качества, обучение персонала, изучение рынка, контроль, диагностику, переоснащение производства, привлечение независимых экспертов).

*Управленческие аспекты:* разработка формализованной методологии управления качеством с использованием различных методов и приемов управления качеством и контроль исполнения методик; контроль за выполнением норм экологии и безопасности труда.[1]

*Выводы:*

1. Качество как существенная определенность объекта, в соответствии с которой он отличается от другого объекта, складывается под влиянием внешних и внутренних факторов, которые определяют затраты на его соблюдение. К затратам на обеспечение качества продукции мы относим превентивные затраты, затраты на контроль и ущерб от дефектов.

2. Внутренние факторы, влияющие на качество продукции, мы делим на материальные и личностные. К материальным факторам предлагаем относить качество используемых ресурсов, качество выполнения технологических процессов, уровень технической оснащенности процессов производства, первичной обработки, хранения и сбыта продукции. К личностным — качество рабочей силы, формы разделения, организации, оплаты и стимулирования труда.

## Перечень ссылок

1. Управление качеством: учебник/ С.Д. Ильенкова [и др.], Под ред. С.Д. Ильенковой. – М. : Юнити, 1998. – 198

**Омельницький Ю. А.** студент гр. МЕ-13-2/9

**Науковий керівник: Коваленко В.В., викладач**

(Державний ВНЗ «Дніпродзержинський енергетичний технікум», м.Дніпродзержинськ, Україна)

## **СУЧАСНІ МЕТОДИ ПОВІРКИ ТА КАЛІБРОВКИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

*Метою* даної роботи є короткий огляд сучасних методів вимірювальної техніки, що використовуються у калібрувальних (провірочних) лабораторіях в Україні та за кордоном для виконання робіт із перевірки (калібрування) методів вимірювальної техніки електричних величин (за виключенням засобів обліку електричної енергії). Коротко викладено основні можливості цих ЗВТ та особливості їх застосування.

Користувачі засобами вимірювальної техніки повинні бути переконані, що отримана інформація точно відображає стан об'єктів, які підлягають вимірюванню. Щоб встановити або підтвердити придатність засобів вимірювальної техніки до застосування, необхідно здійснювати повірку.

*Повірка засобів вимірювання* – це сукупність дій, що виконуються для визначення і оцінки похибки засобів вимірювання з метою встановлення відповідності характеристик точності регламентованим значенням та придатності засобу вимірювання для використання *Розрізняють такі види повірки:* первинна, періодична, позачергова, експертна, інспекційна.

В умовах нинішнього часу головними засобами повірки будь-якої повірочної або калібрувальної лабораторії, яка займається повіркою (калібруванням) засобів вимірювання електричних величин, мають бути багатофункціональні калібратори та багатофункціональні вимірювачі (мультиметри). Лише використання ЗВТ дозволяє:

- Автоматизувати процес повірки (за необхідності з використанням додаткових засобів обчислювальної техніки);
- Виконувати повірку методом безпосереднього оцінювання (за рідкісними винятками);
- Максимально спростити методи повірки;
- Максимально розширити номенклатуру ЗВТ, що перевіряються, без розширення номенклатури робочих еталонів за рахунок їх багатофункціональності.

*Калібрування засобів вимірювання* – це сукупність операцій, які виконуються з метою визначення та підтвердження дійсних значень метрологічних характеристик та/або придатність до застосування засобів вимірювання, які не підлягають державному метрологічному контролю та нагляду.

Зупинимось докладніше на багатофункціональних калібраторах.

Сучасний багатофункціональний калібратор дозволяє виконувати повірку та калібрування вимірювачів:

- Напруги змінного та постійного електричного струму (як правило, для напруги змінного струму є можливість вибрати до п'яти різних форм сигналу для проведення повірки (калібрування) ЗВТ, що вимірюють середнє квадратичне значення напруги);
- Сили змінного та постійного електричного струму (аналогічно, як і з напругою, є можливість змінювати форму кривої сили струму; об'єкційально є можливість підключення пристрою для калібрування струмовимірювальних кліщів, як правило, до 1000А);
- Електричного опору постійному струму;
- Електричної потужності та енергії постійного та змінного струму (об'єкційально);

- Електричної ємності.

Як вже зазначалося, мультиметри є точнішими за згадані калібратори, тому, коли є потреба виконувати повірку вимірювача точнішого за калібратор, можна скористатися мультиметром як робочим еталоном. У цих випадках мультиметр підключається до входу калібратора паралельно (якщо фізичною величиною, що повіряється, є напруга), або послідовно (якщо фізичною величиною, що повіряється, є сила струму) до входу вимірювача, що повіряється. Проте, за деяких умов під час повірки вимірювача змінного струму така схема може виявитися не результативною, тобто такою, що не дає бажаної точності результату. Це виникає з декількох причин технічного характеру, на яких ми детально не зупиняємося.

У таких випадках(за відсутності калібратора, що має достатній рівень точності щодо змінного струму) можна порадишити придбання набору мір електричного опору Н4-12МС або аналогічного, що виробляється російським виробником «ЗИПНАУЧПРИБОР». Основною перевагою цього набору мір електричного опору є те, що є змога використовувати їх у колах змінного струму з використанням поправок. Номінальні значення електричного опору чотирьох мір, які входять до складу набору Н4-12МС, становлять 0,01; 1; 10 та 100 Ом, що дозволяє охопити діапазон сили змінного струму від одиниць міліампер до 50 А. Таким чином, під'єднавши мультиметр етальонний до потенціальних затискачів міри Н4-12МС, можна вимірювати дійсне значення сили змінного струму. Також цей процес можна автоматизувати за наявності програмного забезпечення до калібратора та мультиметра, що використовуються, і кабелю з інтерфейсом IEEE 488.

**Висновки:** таким чином, сучасна лабораторія за досить великого обсягу робіт їх повірки та калібрування ЗВТ електричних величин не може обійтись без розглянутих вище ЗВТ. У протилежному випадку продуктивність такої лабораторії та, як наслідок, і їх конкурентної спроможності будуть незадовільними.

#### Перелік посилань

- 1 ДСТУ 2708:2006 «Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення»
- 2 ДСТУ 3989-2000 «Калібрування засобів вимірювальної техніки»
- 3 Науково-виробничий журнал «Метрологія та прилади» №1 (21), 2010, ст. 36-37.
- 4 Інтернет-ресурс, сайт [http://studopedia.net/5\\_2552](http://studopedia.net/5_2552).

**Прокуда Э.Ю., аспирантка кафедры метрологии и информационно-измерительных технологий**

**Научный руководитель: Корсун В.И., д.т.н., проф., заведующий кафедрой метрологии и информационно-измерительных технологий**

*(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)*

## **АНАЛИЗ СТЕПЕНИ СОГЛАСОВАННОСТИ МНЕНИЙ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ**

Экспертное оценивание производится для получения обобщенного мнения о конкретном вопросе на основании множественных суждений экспертов. Экспертное оценивание одно из самых распространенных и точных методов, ведь эксперт является высококвалифицированным специалистом в конкретной области с высоким уровнем компетентности, а также групповое мнение экспертов близко к истинному решению какой-либо представленной проблемы.

Однако, результаты экспертных измерений в определенной степени являются субъективными и зависят от многих критериев: уровень компетентности экспертов, порядок и условия проведения экспертиз, выбор алгоритма обработки квалитметрической информации. В связи с чем возникает актуальная проблема обеспечения единства экспертных измерений [1].

Анализ согласованности мнений экспертов – это основной инструмент, который используется в анализе и обработке экспертных оценок. Суть этого анализа состоит в определении насколько близки или далеки друг от друга мнения экспертов из экспертной группы.

От характера оценок (количественных или качественных) зависит способ измерения согласованности мнений экспертной группы.

Согласованность мнений экспертной группы можно оценить с помощью следующих вариантов:

- 1) коэффициенты ранговой корреляции;
- 2) коэффициент корреляции;
- 3) коэффициент конкордации;
- 4) коэффициент вариации.

Рассмотрим классификацию показателей согласованности мнений экспертов или экспертной группы, где критериями являются;

- характер или тип показателя, который отражает подход к его вычислению;
- число объектов экспертизы, которые охватывает показатель;
- количество экспертов в группе.

По характеру вычисления показатели могут отражать:

- относительную частоту (не учитывается расстояние между несопадающими оценками);

- вариационный размах (выражает степень противоречий мнений экспертов с учетом расстояния между отдельными оценками);

- среднее отклонение (показывает степень противоречивости мнений, которая основана на отклонении оценок от центрального значения).

По числу объектов экспертизы показатели делятся на две категории: показатель для оценивания мнений группы экспертов одного объекта и показатель для неограниченного числа объектов.

По числу экспертов в экспертной группе также две категории: для оценки согласованности двух экспертов и неограниченного количества экспертов.

В таблице 1 предоставлена общая классификация показателей степени согласованности мнений экспертов [2].

Таблица 1

Общая классификация показателей степени согласованности мнений экспертов

Показатель	Обозначение	Диапазон значений	Тип	Число объектов	Количество экспертов
Коэффициент ранговой корреляции - Кенделла - Спирмена	$\rho_K$	[-1;1]	Относительная частота Вариационный размах	$k$	2
	$\rho$	[-1;1]		$k$	2
Коэффициент корреляции	$r$	[-1;1]	Среднее отклонение	$k$	2
Коэффициент вариации	$V$	[0;1]	Относительная частота	1	$n$
Коэффициент конкордации	$W$	[0;1]	Среднее отклонение	$k$	$n$

Каждый из представленных показателей можно оценивать по шкале Чертока (табл.2).

Таблица 2

Шкала коэффициента корреляции Чертока

Коэффициент корреляции	Характеристика силы связи
$ \rho  < 0,1$	Связь практически отсутствует
$0,1 <  \rho  < 0,3$	Слабая связь
$0,3 <  \rho  < 0,5$	Умеренная связь
$0,5 <  \rho  < 0,7$	Связь средней силы
$0,7 <  \rho  < 0,9$	Сильная связь
$0,9 <  \rho  < 1$	Очень сильная связь

Показатели степени согласованности мнений предназначены для количественной оценки степени совпадений мнений двух или более экспертов по поводу одного или более объектов экспертизы. Используя один или несколько показателей степени согласованности мнений экспертов можно оценить насколько экспертная группа совпадает в своих мнениях. Если же данные показатели меньше желаемых значений, то следует пересмотреть формат подачи информации для оценивания экспертами или пересмотреть состав экспертной группы.

### Перечень ссылок

1. Хамханова Д.Н. Теоретические основы обеспечения единства экспертных измерений./Д.Н. Хамханов.- Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 170 с.
2. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии./Е.В. Сидоренко. – СПб.: ООО «Речь», 2003. – 350 с., ил.

**Рись О.Г.** студентка гр. МВт-14

**Науковий керівник : Глухова Н.В.** к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірвальних технологій

(Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”, м. Дніпропетровськ, Україна)

## ВЕЙВЛЕТ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ БІМЕДИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

У медицині останнім часом для аналізу медичних сигналів застосовуються різні математичні методи. Найбільшою мірою використовується апарат вейвлет – перетворення, який стрімко завойовує популярність в різних областях, загалом і в медицині. Завдяки добрій пристосованості до аналізу нестационарних сигналів (тобто таких, чії статистичні характеристики змінюються в часі) вейвлет-перетворення стало потужною альтернативою перетворенням Фур’є в ряді медичних програм.

Вейвлет - функція повинна задовольняти двом умовам:

1. Середнє значення (інтеграл по всій прямій) дорівнює нулю.
2. Функція швидко убуває при  $t \rightarrow \infty$ .

У загальному випадку вейвлет перетворення функції  $f(t)$  виглядає так:

$$W(x, s) = \frac{1}{s} \int_{-\infty}^{\infty} \Psi * \left( \frac{t-x}{s} \right) \cdot f(t) dt \quad (1)$$

де  $\psi$  - функція-вейвлет,  $t$  - вісь часу,  $x$  - момент часу,  $s$  - параметр, зворотний частоті,  $*$  - комплексне-поєднане [1].

Також вейвлет-аналіз, поряд з методами статистичної радіофізики, дозволяє проводити аналіз реальних процесів з наявністю випадкової складової в експериментальних даних, яка може бути наслідком шуму вимірвальної апаратури, мати високочастотні коливання, викликані м’язовими скороченнями, а також низькочастотні (частки Гц) складові, обумовлені зміною опору контактів давач-тіло. Все це має місце в сигналах біомедичного походження і, в першу чергу, в роботі серцево-судинної системи.

На сьогоднішній день одним з найбільш поширених методів діагностики серцево-судинних захворювань є електрокардіографія (ЕКГ), яка представляє собою метод оцінки стану міокарда (серцевого м’яза) і біоелектричної діяльності серця шляхом графічної реєстрації генерованих ним електричних потенціалів. Одна з основних характеристик ЕКГ - інтервал R-R між двома наступними один за одним імпульсами R, який відображає частоту серцевих скорочень. Виявлення імпульсів R або комплексів QRS є першочерговим завданням при обробці ЕКГ.

Розрізняють дискретний і безперервний вейвлет-аналіз. При вейвлет-аналізі сигнал розкладається на апроксимуючі коефіцієнти, які представляють згладжений сигнал, і деталізуючі коефіцієнти, що описують коливання. Шумова компонента краще відображається в деталізуючих коефіцієнтах. Подібні складові можуть бути видалені з використанням процедури обнулення або перерахунку коефіцієнтів деталізації. Дискретне вейвлет-перетворення дозволяє уникнути надлишкової кількості операцій і обчислених коефіцієнтів. Для аналізу сигналу на різних масштабах використовуються фільтри з різними частотами зрізу. Електрокардіосигнал пропускається через деревовидно сполучені високочастотні і низькочастотні фільтри. Фільтрація сигналу відповідає математичній операції згортки ЕКГ сигналу  $f[n]$  та імпульсної характеристики фільтра  $h[n]$ . Операція згортки для дискретного часу визначається як:

$$f[n] * h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f[k] * h[n-k] \quad (2)$$

Таке багаторівневе розкладання ЕКГ дозволяє відокремити вейвлет-коефіцієнти, які відповідають компонентам шуму, і відновити сигнал без цих компонент. На рисунку 1 представлені графіки апроксимації для 3-х рівнів розкладання і деталізуючих компонент реального ЕКГ сигналу.

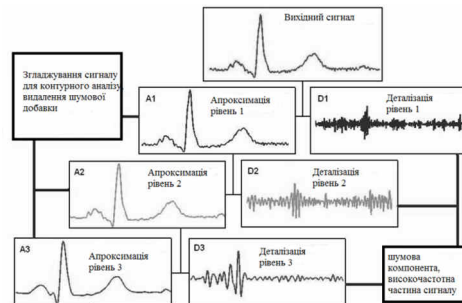


Рисунок 1– Дискретне вейвлет-розкладання сигналу ЕКГ до 3-го рівня

Суть безперервного перетворення полягає в розкладанні сигналу по базису, утвореному зміщеними і розтягнутими (стислими) копіями деякого вейвлету. Результатом перетворення є функція коефіцієнтів, яка залежить від двох параметрів - часу і масштабу базисного вейвлету. Безперервне вейвлет-перетворення дозволяє добре локалізувати високочастотні особливості в просторовій області. Цю особливість можна використовувати при аналізі сигналів, що містять різкі скачки і піки. Для обробки ЕКГ-сигналів краще використовувати вейвлет Добеші-4, який дозволяє, не вдаючись до пульсометрії, або до додаткової обробки ЕКГ, досліджувати низькоамплітудні складові сигналу. На рисунку 2 показано результат спектрального аналізу ЕКГ при використанні саме вейвлету Добеші-4 [3].

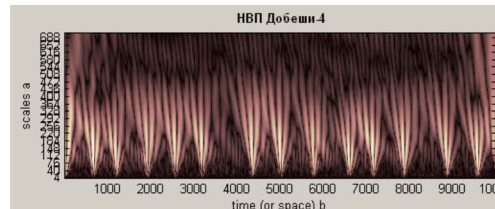


Рисунок 2– Результат спектрального аналізу ЕКГ при великих масштабах вейвлетів

**Висновки.** Таким чином вейвлет-перетворення порівняно нова область дослідження і багато методологічних аспектів (вибір материнського вейвлету, масштабу) вейвлет-техніки вимагають подальших досліджень для збільшення клінічної ефективності. Діагностична і прогнозуюча важливість цієї методики в електрокардіології вимагає великих клінічних досліджень.

### Перелік посилань

1. Башашин М.В. Разработка модуля анализа ЭКГ на основе непрерывного вейвлет-преобразования [Текст]: Учебно-исследовательская работа – Москва, 2000. 19 с.
2. Поликар Р. Введение в вейвлет-преобразование/ Пер. с англ. Грибунина В.Г.– СПб.: АВТЭКС, 2001.
3. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике / Дьяконов В.П. – М. : СОЛОН-Р, 2002. – 448 с.

**Рябий О.А.** студент гр. МВ-13

**Науковий керівник: Коваленко І.В., асистент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій**

*(Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”, м. Дніпропетровськ, Україна)*

## **ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ МЕТРОЛОГІЇ**

Всі види людської діяльності немислимі без вимірювань, і в підсумку, без її кількісної оцінки. Для багатьох галузей промисловості обсяг капітальних витрат, пов'язаних з вимірюваннями, перевищив 30% щорічних капітальних вкладень в ці галузі. Перевірка відповідності показників технологічних процесів, параметрів сировини і готової продукції вимогам нормативно-технічної документації здійснюється вимірюваннями. Отримана за допомогою засобів вимірювань і контролю, вимірювальна інформація повинна з необхідною точністю і достовірністю відображати властивості речовин, матеріалів і виробів, характер технологічних процесів, якість і кількість продукції. При цьому рішення проблеми якості багато в чому залежить від якості одержуваної вимірювальної інформації (правильності, повторюваності, відтворюваності). Отримання об'єктивної інформації про вимірювані показники якості продукції засноване на розробці та регламентації вимог до вимірюваного (контрольованого) параметру; виборі засобів вимірювань, методик виконання вимірювань необхідної точності; дотриманні цілого комплексу метрологічних правил отримання, обробки та представлення результатів вимірювань.

Слід зазначити, що рівень технічних вимірювань має вирішальне значення для забезпечення бездефектної роботи на будь-якому підприємстві. Т.я. управління якістю неможливе без метрологічного забезпечення (МЗ) вимірювань, яке відрізняється унікальними можливостями отримання кількісної інформації про матеріальні та енергетичні ресурси, якості матеріалів і сировини, про стан доквілля, про безпеку та охорону здоров'я людей і, відповідно, про якість процесів і продукції.

Величезне значення набуває метрологічне забезпечення у зв'язку із завданням всебічної економії матеріальних, енергетичних та інших ресурсів, так як правильний кількісний облік і контроль їх є основою економії і скорочення втрат матеріальних цінностей, електричної та теплової енергії, водних ресурсів і т.д. Недоліки в метрологічному забезпеченні викликають порушення необхідної точності, єдності вимірювань, обліку і контролю якості продукції на всіх етапах його формування. Це призводить до помилкових рішень і негативних результатів, виникненню браку у виробництві, аварій на транспорті, відмов апаратури та систем управління, великим технічним та економічним прорахункам, виникненню величезних економічних втрат від браку. Збитки, пов'язані з недосконалістю метрологічного забезпечення, можуть бути досить значними.

На сьогодні через неправильні вимірювання при контролі якості параметрів напівфабрикатів, комплектуючих виробів невиявлений брак становить 6%. Це призводить до виникнення величезних економічних і соціальних збитків в наступних етапах процесу виробництва, до низької якості продукції. Так, загальна кількість продукції, що не відповідає вимогам діючих стандартів, становить близько 2% товарообігу непродуктивних товарів. У цьому зв'язку проблема якості продукції, запобігання дефектів виробництва та експлуатації за рахунок широкого використання нових засобів вимірювань (ЗВ) і контролю, підвищення рівня метрологічного забезпечення виробництва в даний час набуває виняткового значення. Аналіз причин браку через низький рівень МЗ показує, що частка браку через застосування непридатних систем вимірювання становить 5,5%. Основна маса браку 48,5% виникає через неповне і неправильного



застосування системи вимірювань, у тому числі 5,5% через незабезпеченість відповідним контролем та вимірами параметрів технологічних процесів, 22% через неправильне призначення систем вимірювань в конструкторсько-технологічній документації. Інша частина браку – 46% через низьку кваліфікацію працівників.

Принцип системного підходу до аналізу економічної ефективності МЗ передбачає також оцінку загального економічного результату, по-перше, стосовно кінцевої продукції, яка самостійно бере участь у виробничому процесі, і, по-друге, у взаємозв'язку з усіма технічними пристроями, матеріальними і людськими ресурсами, що забезпечують використання і обслуговування даної продукції. Економічна ефективність метрологічних робіт визначається в комплексі з науково-технічною, соціальною та іншими видами ефективності.

Економічна ефективність є найважливішим критерієм оцінки результатів роботи по удосконаленню метрологічного забезпечення та діяльності метрологічних служб. Економічна ефективність метрологічних робіт оцінюється на всіх стадіях реалізації програм вдосконалення метрологічного забезпечення за рівнями управління виробництвом. Економічна ефективність визначається шляхом розрахунку і зіставлення техніко-економічних показників різних варіантів вирішення однієї і тієї ж проблеми. За базу порівняння приймаються техніко-економічні показники та рівень метрологічного забезпечення кращої метрологічної техніки, кращих форм і методів виконання метрологічних робіт у році, що безпосередньо передуює розрахунковому. Оптимальним варіантом вирішення завдання забезпечення необхідної якості вимірювань є варіант, що дає найбільший середньорічний економічний ефект на грошову одиницю додаткових капітальних вкладень:

$$E_p^{i\delta} = \frac{\hat{A}_{cp}^{ix}}{\Delta \hat{E}} ; E_p^{i\delta} \rightarrow \max$$

де  $\hat{A}_{cp}^{ix}$  – середньорічний економічний ефект,  $\Delta \hat{E}$  – загальні додаткові капітальні вкладення на впровадження нового заходу з МЗ.

Аналіз одного з найкращих досвідів оцінки ефективності підвищення якості продукції в Японії свідчить про те, що прийняття економічно оптимальних рішень ґрунтується на отриманні максимального прибутку не цієї хвилини, а в довгостроковій перспективі, комплексно керуючи всіма ресурсами.

При формуванні системи управління якістю в японських компаніях враховується головне положення управління – якість і ефективність кінцевої продукції формується поступово на всіх етапах її виробництва, а продуктивність праці залежить не тільки від того, яка кількість виробів в годину може бути вироблено на цьому чи іншому обладнанні, але і від часу простоїв, умов транспортування і зберігання виробленої продукції. Такий підхід призводить до значної ефективності управління якістю. Про ефективність японського методу управління якістю свідчить, зокрема, те, що середня величина витрат з гарантійного обслуговування для передових японських компаній становить у середньому 0,6% від обсягу продажу.

### Перелік посилань

1. Экономика стандартизации, метрологии и качества продукции / Бесфамильная Л.В., Резчиков В.И., Соколова Л.Г., Швандар В.А. – М.: Издательство стандартов, 1988.– 312с.
2. Основи стандартизації та сертифікації. Підручник / О.М.Величко, В.Ю.Кучерук, Т.Б.Гордієнко, В.М.Севастьянов. – Київ, 2012. – 362 с.

Свініна Д.О, студентка гр МВ-11

Науковий керівник: Глухова Н.В., к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірвальних технологій

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

### ЗАСОБИ МОНИТОРИНГУ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ В ШАХТАХ

Інтерферометри шахтні типу ШИ

Інтерферометри (Рисунок 1) призначені для кількісного визначення метану і вуглекислого газу в рудничній атмосфері провітрюваних виробок.

	Технічні характеристики		
	ШИ-11	ШИ-12	ШИ-10
Зміст газу, %			
Метану _____	0÷6	0÷6	0÷100
Вуглекислий газ _____	0÷6	0÷6	0÷100
Відносна похибка вимірювання, % _____	±0.2	±0.2	±0.4
Час одного визначення, хв _____	1	1	1
Габарити, мм			
Довжина _____	108	112	110
Ширина _____	58	54	55
Висота _____	184	184	180
Маса, кг _____	1,45	1,45	1,4

#### Види перевірок:

Перевірка герметичності інтерферометрів, якості інтерференційної картини і точності показань проводиться один раз на місяць. Герметичність газової лінії інтерферометра перевіряється за допомогою гумової трубки, одягнутою на вхідний штуцер приладу МППІ - 1. Штуцер інтерферометра з трубкою і гумовою грушею слід закрити гумовим ковпачком, а штуцер поглинаючого патрона підключити до приладу МППІ - 1. За допомогою натискного пристрою в газовій лінії створюється тиск 3000 Па. Інтерферометр вважається витримав випробування, якщо на протязі 3 хв. тиск в його газовій лінії зміниться не більше ніж на 20 Па. Інтерференційну картину спостерігають через окуляр при кнопці включення. При цьому необхідно перевірити чіткість інтерференційної картини і виявити можливість її виміру з точністю до 0.1 %. Метрологічна повірка - раз в шість місяців.

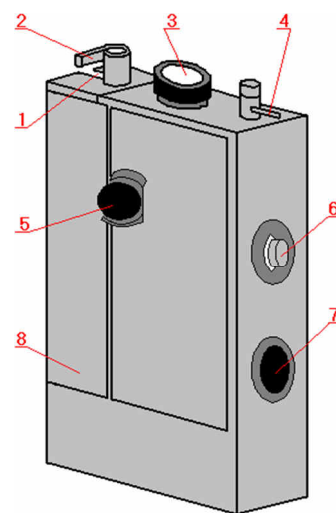


Рисунок 1

#### Сигнал 2

Сигналізатор метану малогабаритний з цифровою індикацією «Сигнал-2» (Рисунок 2) призначений для безперервного вимірювання об'ємної частки метану з цифровою індикацією показань і видачі звукового і світлового сигналів при досягненні об'ємної частки метану величини установки.

### Технічні характеристики

1. Діапазон вимірювання, % _____	0÷3
2. Межа основної абсолютної похибки, % _____	±0.3
3. Живлення напруги, В _____	2.3 +0.4/-0.2
4. Установки спрацьовування сигналізації, % _____	1; 1.5;
5. Межа основної абсолютної похибки спрацьовування сигналізації %	0.3
6. Час спрацьовування сигналізації (не більше)с _____	10
7. Напруга, при якому спрацьовує сигналізація про розряд акумуляторів, В _____	2.05±0.05
8. Кількість розрядів цифрового відліку _____	3
9. Час безперервної роботи без перезарядки джерела живлення, г _____	30

Перелік і зміст сигналів, що подаються сигналізатором метану « Сигнал- 2 » : А) переривчастий звуковий і світловий сигнали - концентрація метану перевищила величину установки ; Б ) безперервний звуковий і світловий сигнали - розряджений блок живлення , функція виміру об'ємної частки метану не виконується ; В) після подачі сигналу ( дивись п . Б ) вимкнулася світлозвукова сигналізація і цифрові індикатори крім коми першого індикатора НЗ - спрацював захист від глибокого розряду акумуляторів ; Г) при відсутності метану праворуч від цифр включена кома - змістився електричний « нуль » в бік негативних значень , величину цього зміщення показують цифрові індикатори.

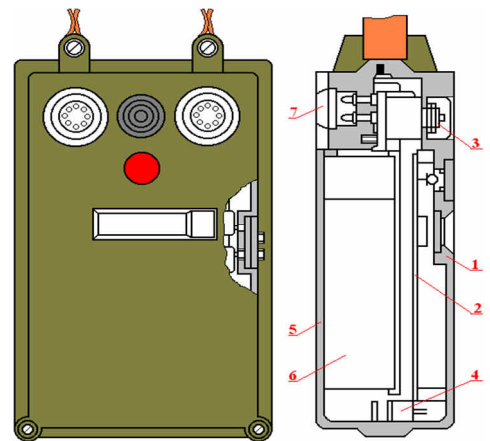


Рисунок 2

**Висновки:** Вони представляють собою переносні прилади, призначений для визначення вмісту метану і вуглекислого газу в рудничної повітрі діючих провітрюваних гірничих виробок шахт , де максимальний вміст вуглекислого газу або метану (місцеві скупчення ) допускається до 6 об. % Для ШИ -11 , до 100 об. % для ШИ-12. Оперативність контролю наявності горючих газів і парів ; портативність і мала вага ; висока чутливість і точність ; простота в експлуатації.

### Перелік посилань

1. Шахтний інтерферометр ШИ-11, ШИ-12 [Електронний ресурс] - 2005.- режим доступу: [http://www.057.com.ua/prigor/stoland\\_interferom\\_si11.html](http://www.057.com.ua/prigor/stoland_interferom_si11.html) - Назва з домашньої сторінки Інтернету.
2. Сигнал 2 [ Електронний ресурс] – 2005.- режим доступу: [http://www.057.com.ua/prigor/stoland\\_signal2.html](http://www.057.com.ua/prigor/stoland_signal2.html) - Назва з домашньої сторінки Інтернету

**Серчени Е.С., студентка гр.МВ–11**

**Научный руководитель: Биличенко Ю.Н., к.т.н., доцент кафедры метрологии и информационно-измерительных технологий**

*(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)*

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ**

Наиболее изученной, промышленно освоенной и лидирующей территорией по добыче железных руд в Украины, является Криворожский железорудный бассейн. Все его разведанные запасы составляют 21,8 млрд. тонн, а прогнозные ресурсы оцениваются ещё в более чем 19 млрд. тонн. Территориально Кривбасс представляет собой полосу развития метаморфизованных протерозойских толщ, протягивающуюся на 85 км (ширина 0,5-7,0 км) и вмещающую основные железорудные месторождения Украины.

Основными типами железных руд Кривбасса являются железистые кварциты (джеспилиты) с содержанием железа 30–45%, богатые железные руды (содержащие 46–67% железа), труднообогащаемые железистые окисленные кварциты и бурые железняки.

Ингулецкий ГОК-одно из крупнейших в Украине горнодобывающих предприятий, специализируется на добыче железной руды и производстве железорудного концентрата.

Предприятие первым в Украине начало использовать для производства концентрата передовые технологии флотационного обогащения. Сырьем для производства концентрата являются железистые кварциты Ингулецкого месторождения, запасы которого составляют 2,3 млрд тонн. Производственная мощность предприятия составляет 15 млн тонн концентрата в год.

Добыча руды в карьере ведется открытым способом. Первичное дробление рудоскальной горной массы в карьере осуществляется буровзрывным способом с применением экологически чистого бестротилового взрывчатого вещества. Руда из карьера доставляется на обогатительную фабрику с применением циклично-поточной технологии. Внутри карьера автомобильный транспорт перевозит ее на концентрационные горизонты -60м, -180м и -240м до дробильно-перегрузочных пунктов, где происходит крупное дробление. Далее по подземным конвейерным трактам «Западный» и «Восточный» руда поставляется на переработку.

На предприятии используется технология магнитно-флотационной доводки концентрата, применение которой позволило увеличить объем производства высококачественной продукции с содержанием железа свыше 67%. [1]

Оперативный и точный анализ химического состава железной руды на предприятии проводится анализатором X-MET 7500 .

Портативный рентгено-флуоресцентный анализатор предназначен для оперативного контроля химического состава железной руды и рассеянных в ней элементов.

Анализатор состоит из высокотехнологичного кремниевого дрейфового детектора (SDD) высокого разрешения и миниатюрной рентгеновской трубки 45 кВ с универсальной аналитической программой по методу функциональных параметров. [3]

Методы отбора и подготовки проб для химического анализа руды на предприятии проводятся согласно ДСТУ 4580:2006.

Точечная проба — это часть партии (сырья или готового продукта), которую отбирают за один прием (за одну операцию)из разных точек партии и из различных по глубине слоев в определённый момент времени. Она характеризует качество опробуемого материала в одном месте или на определенном уровне.

Общую процедуру отбора и подготовки проб для физических испытаний выполняют согласно ISO 3081, ISO 3082 и ISO 3083. Испытательные пробы отбирают и готовят так:

а) устанавливают схему отбора и подготовки проб для физических испытаний при распределении или методом разделения проб многократного использования, или независимого отбора проб;

б) отбирают точечные пробы и готовят объединенную пробу для физических испытаний;

с) готовят испытательную пробу размером и массой, указанным в соответствующих стандартах.

В этом стандарте общую погрешность определяют при измерении физических свойств партии, использованием соответствующих стандартов, с доверительной вероятностью 95%. [2]

#### **Перечень ссылок**

1. Изойтко В.М. Технологическая минералогия и оценка руд./В.М. Изойтко.-,Наука, 1997.-582 с.
2. Юшко С.А. Методы лабораторного исследования руд. /С.А. Юшко-М., Недра, 1966.-320 с.
3. Л.Ф.Суббота, Ф.А. Богудлов // Новые способы и аппараты для обогащения руд черных металлов. -1986.

**Сивовол О.А. студентка гр. МВ-13**

**Науковий керівник: Радчук Д.І., к.т.н., доцент кафедри аерології та охорони праці**  
(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

## **ПРОБЛЕМА КАЛІБРУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ НА ПРИКЛАДІ ВИПРОБУВАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ УКРАЇНИ**

Так, у 1998 році вступив у чинність Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», що поклав основу до метрологічної діяльності в Україні, проте з гармонізацією стандартів виникла необхідність у 2014 році до перевидання даного закону в новому форматі (вступить в дію у 2016) – вже приведену до відповідності.

Основною вимогою до випробувальних лабораторій є «калібрування» обладнання, що в своєму старому значенні означав «визначення певних метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки», однак на даний момент значення цього терміну значно змінилось (слайд №4). До того ж, основний державний орган, що видає дозвіл на калібрування обладнання, також змінився – їм стало Національне агентство з акредитації України (НААУ), тоді як раніше ним був Центральний орган виконавчої влади у сфері метрології (ЦОВМ), та його політика є направленою на як скоріше приведення до відповідності з Європейською системою, оскільки у 2012-2014 роках була підписана низка домовленостей про взаємне визнання результатів (слайд №3).

Проблемами випробувальних лабораторій стало виконання вимог політик як НААУ, так і державного законодавства. Наприклад, на сьогоднішній день існує лише 18 акредитованих центрів на проведення робіт з калібрування обладнання, до того ж не за всіма напрямками вимірювань. Дані органи мають дуже високе навантаження з проведення робіт, що збільшує ймовірність виникнення черги для отримання результату, аж до півроку, що для випробувальних лабораторій є неприпустимим через неможливість виконання робіт та понесення матеріальних збитків (слайд №5).

Іншою проблемою для лабораторій стало реальне використання отриманих метрологічних характеристик для видання замовникові результату випробувань з урахуванням значень вже каліброваного обладнання.

За нової редакції Закону України «калібрування» є «встановлення співвідношення між значеннями величини, що забезпечуються еталонами, з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами засобів вимірювальної техніки». І є чіткий розділ між калібруванням і повіркою. Тому, навчання спеціалістів з використання на практиці отриманих калібрувальних показників має дуже велике значення, яких, на жаль, зараз дуже мало.

На прикладі випробувальної лабораторії ТОВ ПМТП «Спецнаб» (м. Дніпропетровськ), яка вже багато років акредитована в НААУ, хочу показати, як практично використовується дані про калібрування обладнання для оцінки невизначеності вимірювань. Для автоматизації процесу на базі випробувальної лабораторії було розроблено та практично впроваджено програму з розрахунку невизначеності «*Uncertainty*», що розроблена за допомогою програмування в Delphi 7 (рис. 1). Дана програма проводить розрахунок невизначеності вимірювань та водить операторові отриманий результат з урахуванням вимог стандартів до кінцевого результату (слайд №8).

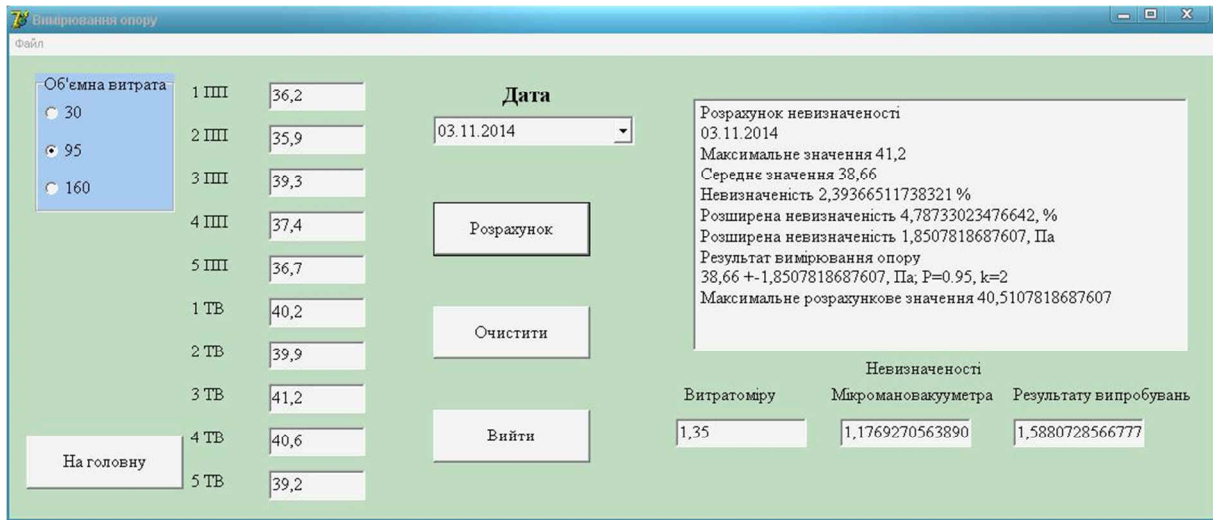


Рисунок 1 – Робочий екран програми «Uncertainty»

Програма враховує усі джерела невизначеності, що можуть впливати на отриманий результат випробувань, аналізує їх та видає кінцевий результат (слайд №9).

Треба зазначити, що калібрування кожного засобу вимірювальної техніки проводиться для сталого діапазону та може варіюватися в певних межах, які треба коригувати після кожного проведення вище зазначеної процедури. Крім того, складання бюджету невизначеності вимірювання потребує досконального знання технологічного процесу проведення випробування та джерел невизначеності.

Таким чином, стрімке впровадження гармонізації стандартів є позитивним моментом, проте технічне забезпечення, яке на даний момент використовується часто не відповідає встановленим вимогам. Актуалізація нормативних документів супроводжується приведенням до відповідності й використовуваної термінології. Впровадження нового Закону України про метрологію розпочинає новий виток розвитку метрологічної діяльності у державі.

### Перелік посилань

1. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність". [Текст]: офіційне видання. Серія "Закони України" / Верховна Рада України. - К.: Парламентське видавництво, 2014. – 42 с.
2. Дорожовець М. Опрацювання результатів вимірювань: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 624 с.

Сторожко Р.Р., студент гр. МЕ-13-1/9

Науковий керівник: Коваленко В.В., викладач

(Державний ВНЗ «Дніпродзержинський енергетичний технікум», м.Дніпродзержинськ, Україна)

## АНАЛОГО-ДИСКРЕТНІ ОПТОЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ

Оптоелектронними приладами (ОЕП) називають аналогові вимірювальні прилади з оптоелектронними відліковими пристроями. За прийнятою класифікацією ОЕП належать до електронних АВП і є перспективними засобами інформаційно-вимірювальної техніки, оскільки вимірювання та індикація показів в них здійснюється новими методами на базі оптоелектронних шкал без використання традиційних електромеханічних вимірювальних механізмів. У зв'язку з цим їх можна розглядати як окремий клас аналогових вимірювальних приладів.

Принцип дії ОЕП полягає в тому, що вимірювана величина безпосередньо опосередковано впливає на розміщену вздовж шкали або суміщену з нею спеціальну індикаторну речовину, в якій під цим впливом виникає певний фізико-хімічний або оптоелектронний ефект (зміна кольору, яскравості тощо), на основі якого можна робити висновки про значення вимірюваної величини.

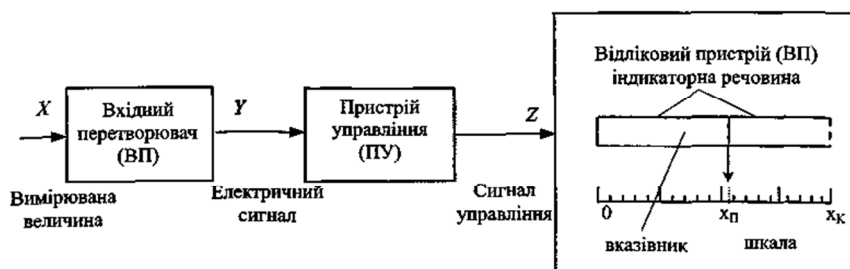


Рисунок 1—Структурна схема оптоелектронного приладу

Для побудови сучасних оптоелектронних приладів використовуються електрооптичні ефекти двох видів: із *світловипромінюванням* – електро- і катодолюмінесценція, а також газовий розряд, коли електрична енергія, пов'язана з вимірювальною величиною, перетворюється в енергію світіння газу, і *без світловипромінювання*, коли під дією електричного поля змінюється оптичний стан речовини, наприклад, змінюється коефіцієнти поглинання, розсіювання, заломлення, відбивання тощо.

Аналоговий відліковий пристрій має невисоку точність оскільки більшості ефектів спостерігається розмивання краю відлікового стовпця  $L$ , що призводить до не визначеності відліку.

*Аналого-дискретні оптоелектронні прилади* мають вищу точність, в них поєднується цифрове перетворення вимірювальної величини з аналоговим оптоелектронним відліком. В основі роботи АД ОЕП лежить попередня дискретизація та квантування вимірювальної величини аналогового сигналу  $X$  за допомогою АД ОЕП або аналого-цифрового перетворювача з подальшим цифровим кодуванням. Для побудови АД ВП використовують газорозрядні індикаторні панелі, рідкі кристали та світлодіоди.



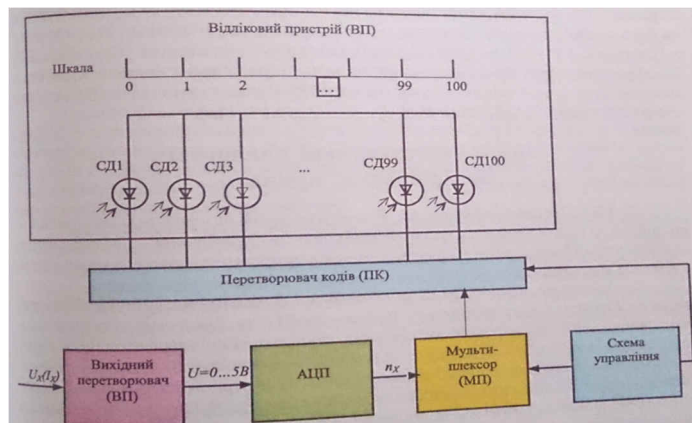


Рисунок 2–Структурна схема оптоелектронного Аналого-дискретного приладу зі світлодіодним відліковим пристроєм

На Рис. 2 зображена спрощена структурна схема АД ОЕП. Шкала АД ВП на 100 міток формується світлодіодами СД1...СД100. Вимірювальна напруга  $U_x$  (або струм  $I_x$ ) надходить на вхідний перетворювач ВП, в якому перетворюється на уніфікований сигнал постійного струму 0...5В. Цей сигнал за допомогою аналого-цифрового перетворювача АЦП перетворюється в цифровий код  $n_x$  який через багатоканальний перемикач (мультиплексор) МП надходить на перетворювач кодів ПК. ПК керує роботою відлікового пристрою ВП, тобто формує на його шкалі вказівник у вигляді світлої смужки, що відповідає увімкненому світлодіодові СД. Робота вузлів приладу забезпечується схемою управління СУ. За описаним вище принципом працює вузькопрофільний оптоелектронний ампервольтметр постійного струму типу Ф1759 з довжиною шкали 255 мм, яка містить 102 світлодіоди, що забезпечує похибку  $\pm 1\%$ .

*Переваги аналого-дискретних оптоелектронних приладів.*

1. Можливість забезпечення ідеальної електричної (гальванічної) розв'язки між входом і виходом;
2. Для оптронів не існує будь-яких принципових фізичних або конструктивних обмежень по досягненню як завгодно високих напруг і опорів розв'язки і як завгодно малої прохідної ємності;
3. Можливість реалізації безконтактного оптичного управління електронними об'єктами і зумовлені цим різноманітність і гнучкість конструкторських рішень керуючих ланцюгів;
4. Висока точність
5. Менша похибка
6. Менш гро містке обладнання
7. Температурна стійкість,
8. Частотна стійкість,
9. Стійкість від впливу зовнішнього магнітного поля,
10. Стійкість від форми кривої сигналу тощо.

**Висновки.** *Аналого-дискретні оптоелектронні прилади.* Оптико-електронні перетворювачі струму та напруги починають впроваджуватись на електроенергетичних об'єктах. Вони є якісно новим видом обладнання для вимірів в енергетиці. Їх використання дозволяє зробити перехід в високовольтних вимірювання струмів та напруг.

### Перелік посилань

1. Оптрони та їх застосування [Електронний ресурс] –Режим доступу: [http://uk.shram.kiev.ua/megafaza/optoroni.shtml&lang=ru&usg=ALkJrhdeE9NuW\\_kjb0gXccuKGjJKX-6vQ%20%C2%A9](http://uk.shram.kiev.ua/megafaza/optoroni.shtml&lang=ru&usg=ALkJrhdeE9NuW_kjb0gXccuKGjJKX-6vQ%20%C2%A9) © shram.kiev.ua
2. Навчальні матеріали. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ua.convdocs.org>

**Федюк Є.О., студентка гр.МВ–11**

**Науковий керівник: Глухова Н.В., к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій**

*(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)*

## **ПРИЛАД ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЦИРКОНОВОГО КОНЦЕНТРАТУ**

Цирконовий концентрат випускається у вигляді зернистого матеріалу природної крупності або у вигляді порошку. Металевий цирконій і його сплави застосовуються в ядерній енергетиці. Металевий цирконій, що не містить гафнію, і його сплави застосовуються в атомній енергетиці для виготовлення тепловиділяючих елементів, тепловидільних збірок та інших конструкцій ядерних реакторів. Також призначається для виробництва вогнетривких виробів і матеріалів, емалей, глазури, скла, металевого цирконію, феросплавів і лігатур з цирконієм, а також для використання його в ливарному виробництві та інших цілей. Але через високу вартість його застосування обмежене.

Цирконовий концентрат виробляється трьох марок: КЦЗ (зернистий), КЦП (порошкоподібний) і КЦПТ (порошкоподібний тонкодисперсний). [1]

Для оцінки якості цирконієвого концентрату пропонується використання енергодисперсійний рентгенофлуоресцентний аналізатор з поляризацією **Rigaku NEX CG**.

**Rigaku NEX CG** забезпечує швидке кількісне і якісне визначення зразкових елементів в широкому розмаїтті типів проб.

Його особливості:

- неруйнівний аналіз від Na до U;
- використовується для рідких, твердих, порошкових проб і плівок;
- поляризоване збудження для низьких меж визначення;
- новітня обробка накладення піків скорочує помилки;
- межі виявлення на рівні ppb (мільярдна частина) для рідких проб з використанням UltraCarry;
- спрощений інтерфейс;[2]

Системи рентгено-флуоресцентних спектрометрів в механічному плані дуже прості – в них практично немає рухомих частин. Система зазвичай складається з трьох основних компонентів: джерело збудження (рентгенівська трубка), детектор і блок збору і обробки даних. Рентгенівська трубка випромінює рентгенівські промені, які б'ють в зразок, і атоми елементів цього зразка виробляють у відповідь рентгенівські (характеристичні) промені. Кожен елемент випускає характерні лише йому рентгенівські промені. Це явище називається флуоресценцією. Кількість елементу визначається шляхом підрахунку кількості цих променів. У відповідь рентгенівські промені уловлюються детектором і обробляються у вигляді спектру. Програма розраховує концентрації елементів по хімічному складу по базі отриманого спектру.

Універсальність для якісного і кількісного елементного аналізу

Рентгено-флуоресцентна енергія (EDXRF) є регулярно використовуваним аналітичним методом для якісного та кількісного визначення головних і другорядних атомних елементів в найрізноманітніших типів зразків. Прилад здатний забезпечити швидкі, неруйнівні, багатоелементні аналізи - від мільйонних частинок до високих концентрацій відсотка ваги – для елементів від натрію до урану.

Універсальний **Rigaku NEX CG** спектрометр забезпечує звичайні елементарні вимірювання в широкому спектрі стану речовини – від однорідних, рідин з низькою в'язкістю, до твердих речовин, металів, суспензій, порошків і паст.

Програмне забезпечення **Rigaku NEX CG** розроблене так, щоб бути як надзвичайно потужним, так і надзвичайно простим у використанні. Ідеально підходить для операторів. Повсякденні аналізи виконуються через спрощений інтерфейс. Висота і широта особливостей, також як і витонченість інтерфейсу – результат десятиліття розробки програмного забезпечення в Rigaku.

Оригінальне програмне забезпечення зменшує потребу в стандартах. Досягається максимальна зручність при кількісному визначенні елементного вмісту в повністю невідомих пробах. Висока аналітична потужність, гнучкість і простота використання NEX CG роблять його ще привабливішим для дослідницьких цілей.

Поляризована декартова геометрія для чутливості на рівні зразку.

На відміну від звичайних аналізаторів, спектрометр NEX CG був розроблений з унікальним моноблочним оптичним ядром в декартовій геометрії (CG), що значно підвищує відношення сигнал-шум. При використанні вторинного збудження мішені, замість звичайного прямого збудження, чутливість покращується. Отримане різке зниження фоновому шуму, і одночасне збільшення піків елементу, дозволяє використати цей спектрометр для щоденного аналізу елементів навіть в складних типах зразків.[3]

Елементний аналіз відіграє важливу роль в аналізі гірських порід і руд, від видобутку на кар'єрі або шахті, протягом усього процесу обробки, до остаточного аналізу. Основні і додаткові спеціалізації важливі в процесі обробки, щоб забезпечити належний видобуток і управління технологічним процесом. Аналіз малої кількості елемента, особливо дорогоцінних металів, є також надзвичайно важливим для забезпечення оптимізованої вартості обробки. Протягом усього технологічного процесу необхідний швидкий і простий метод не вимагає великих наборів проаналізованих калібрувальних стандартів, щоб знайти відповідність між різними матричними типами. Для вирішення цих завдань, компанія **Rigaku** пропонує елементний аналізатор NEX CG. Цей аналізатор використовуючи непряме збудження і поляризацію, пропонує операторам потужний і простий інструмент для проведення вимірювання елементів від натрію до урану в гірських породах і рудах, зберігаючи при цьому потужність і універсальність для експертів.

### Перелік посилань

1. Мировой рынок циркония [Електронний ресурс] – 2013. – Режим доступу: <http://www.cmmarket.ru/markets/zrworld.htm> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
2. Декартовый энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр NEX CG Rigaku [Електронний ресурс] – 2010. – Режим доступу: <http://eco-analytika.com/analiticheskoe-oborudovanie/rentgenoflyuorescentnyye-spektrometry-rigaku/nex-cgex-cg-rigaku> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Rigaku NEX CG [Електронний ресурс] буклет / – 2014 – Режим доступу: <http://www.serlabo.fr/kcfinder/files/Rigaku-Nex-CG-Brochure-m.pdf> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

**Харламова Ю.Н., аспирантка кафедры метрологии и информационно-измерительных технологий**

(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ**

Древесина является универсальным сырьем, которое применяется при строительстве, в качестве отделочных материалов, для создания мебели, бумаги, посуды и многого другого. Многие свойства древесины зависят от её влагосодержания, которое варьируется в зависимости от окружающей среды и истории дерева. Содержание влаги в древесине определяется как отношение массы воды, содержащейся в древесине, к массе абсолютно сухой древесины.

Существует два основных метода измерения влажности древесины [1]: прямые методы и косвенные методы.

В прямых методах происходит непосредственное разделение материала на сухое вещество и влагу, и они делятся на:

- 1) *Методы высушивания.* Их принцип заключается в том, что пробу (образец) вещества высушивают до постоянной массы и по разности между начальной массой и массой сухого остатка находят количество влаги в исследуемом продукте.

Несмотря на простоту проведения анализа, данный метод требует значительного времени (от 0,5ч. до 16ч.). Кроме того, при сушке удаляется не только влага, но и другие летучие вещества, в результате чего влагосодержание оказывается завышенным.

- 2) *Дистилляционные методы.* Исследуемый образец подогревается в сосуде с определенным количеством высококипящих и несмешиваемых с водой жидкостей (бензин, бензол и т.п.). Содержащаяся в материале влага отгоняется вместе с парами жидкости и, проходя через холодильник, конденсируется в измерительной емкости, в которой измеряется объем или масса воды.
- 3) *Экстракционные методы.* Из исследуемого образца влага извлекается водопоглощающей жидкостью (диоксан, спирт), затем определяются характеристики жидкостного экстракта, зависящие от его влагосодержания.
- 4) *Химические методы.* Образец обрабатывается реагентом, который вступает в химическую реакцию только с влагой, содержащейся в образце. Количество влаги в образце определяется по количеству жидкого или газообразного продукта реакции.

Прямым методам присущи такие недостатки как дороговизна, хрупкость аппаратуры, трудоемкость, высокое время измерений. Несмотря на то, что прямые методы контроля влажности древесины являются разрушающими, измерители влажности, реализующие прямой метод измерения, являются самыми точными.

В косвенных методах влажность материала оценивается по изменению различных его свойств. Они делятся на:

- 1) *Электрические.* В основу электрических методов положено прямое измерение электрических параметров материала.
- 2) *Неэлектрические.* Измеряемая физическая величина не является электрической.
- 3) *Многопараметрические* (комбинирование электрических и неэлектрических методов) основаны на совокупном измерении двух и более параметров материала (как электрических, так и неэлектрических).

Широкое применение нашли косвенные методы, основанные на изменении электрических и электромагнитных свойств древесины, в зависимости от её влажности.

Электрические методы [2, 3] определения содержания влаги в древесине используют отношения между содержанием влаги и измеримых электрических свойств

древесины, таких как проводимость (или удельное сопротивление), диэлектрическая проницаемость, коэффициент потери мощности.

Влагомеры, основанные на электрических методах, бывают двух типов:

1. Резистивные влагомеры основаны на измерении сопротивления древесины, путем приложения напряжения между двумя электродами электрической цепи, которые контактируют с древесиной, и измерения протекающего между ними тока.
2. Диэлектрические влагомеры (известные как емкостные или радиочастотные влагомеры) основаны на измерении диэлектрических свойств древесины – диэлектрическая проницаемость, коэффициент диэлектрических потерь или сочетания того и другого.

Хотя ни один тип влагомера не имеет явного превосходства над другим, тем не менее, один тип влагомера может лучше соответствовать заданным условиям и потребностям. Сравним некоторые преимущества и недостатки резистивных и диэлектрических влагомеров:

- диэлектрические влагомеры используют поверхностные контактные электроды, которые не проникают в древесину и не оставляют на ней следов;
- по сравнению с резистивными, диэлектрические влагомеры могут занижать значения содержания влаги в древесине;
- резистивные влагомеры нечувствительны к различиям в плотности древесины;
- резистивные влагомеры, как правило, используются с отдельным электродным зондом, что делает их более громоздкими для использования в заводских цехах.

Основными преимуществами электрического метода, по сравнению с методом высушивания, являются скорость и удобство, кроме того данный метод является неразрушающим.

Неэлектрические методы измерения влажности основаны на использовании:

- теплофизических характеристик материала (теплофизический метод);
- гамма-лучей и нейтронов (радиометрические методы), рентгеновского излучения;
- ядерного магнитного резонанса;
- видимого света и инфракрасного излучения (оптические методы);
- акустических свойств материала (акустический метод).

Неэлектрическим методам, по сравнению с электрическими методами, характерны такие недостатки как малая точность, низкое быстродействие, сложность и дороговизна аппаратуры. Тем не менее, эти методы обладают широким диапазоном измеряемых влажностей.

**Вывод:** не существует идеального метода измерения влажности древесины, каждый метод имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому при выборе метода оценки содержания влаги в древесине необходимо учитывать такие факторы как стоимость, удобство, время, практичность и т.п.

### Перечень ссылок

1. Берлинер М.А. Измерения влажности. - 2-е изд., доп. и переработ. / М.А. Берлинер - М. : Энергия, 1973. – 400 с.
2. Bergman R. Drying and Control of Moisture Content and Dimensional Changes [Электронный ресурс] : сайт Forest Products Laboratory. – Режим доступа: [http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr190/chapter\\_13.pdf](http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr190/chapter_13.pdf) (дата обращения: 03.11.2014). – Название с экрана.
3. Hartley J. Methods of determining the moisture content of wood / J. Hartley, J. Marchant – Australia : State Forests of New South Wales, 1995. – 54 с. – ISBN 07310 67215.

**Хведзевич А.В.** студентка гр. МВТ-14

**Науковий керівник: Чорний С.І.** старший викладач кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

### ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ПОХИБОК НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

При непрямих вимірюваннях фізична величина  $Y$  визначається з прямих вимірювань декількох величин  $(A, B, C, \dots)$ . При цьому функціональний зв'язок  $Y = f(A, B, C, \dots)$  відомий. При визначенні величини похибки її абсолютна величина визначається із співвідношення [1]

$$\Delta Y = f(A \pm \Delta A; B \pm \Delta B; C \pm \Delta C, \dots) - f(A, B, C), \quad (1)$$

де  $\Delta A, \Delta B, \Delta C$  – відповідно похибки вимірювань величин  $A, B, C, \dots$ ,  $A, B, C$  – відповідно істинні значення величин. В подальшому на основі використання особливостей ряду Тейлора використовується формула [1]

$$\Delta Y = \sum_1^n \left| \frac{df}{dx_i} \right| \Delta x_i, \quad (2)$$

де  $\frac{df}{dx_i}$  – часткова похідна за  $i$ -м аргументом;  $\Delta x_i$  – абсолютна похибка прямого вимірювання  $i$ -го аргументу. При урахуванні випадкових факторів кращі результати дає середньоквадратичне складання похибок [1, 2, 3]

$$\Delta Y = \pm \sqrt{\sum_1^n \left| \frac{df}{dx_i} \right| \Delta x_i^2}. \quad (3)$$

Однак використання вищеприведених залежностей (1), (2), (3) для оцінки похибки вимірювань не завжди задовольняє дослідників, часто виникає потреба одержати залежність похибки  $\Delta Y = f_1(A, B, C, \dots)$  з урахуванням похибок зі своїм знаком

$$(\pm \Delta A; \pm \Delta B; \pm \Delta C).$$

В даній роботі поставлена задача отримання залежності  $\Delta Y = f_1(A, B, C, \dots)$  на основі теорії моделювання багатофакторних аргументів [4, 5]. Наприклад, для трьох величин  $Y = \frac{A}{BC}$

$$\Delta Y = \frac{A \pm \Delta A}{(B \pm \Delta B) \cdot (C \pm \Delta C)} - \frac{A_o}{B_o \cdot C_o}, \quad (4)$$

де  $A_o, B_o, C_o$  – основний рівень величин  $A, B, C$ . Тоді матриця отримання значень  $\Delta Y$  буде мати вигляд (таблиця):

Таблиця 1

№ <sub>п/н</sub>	Величини		
	a	b	c
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1

Продовження таблиці			
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

В таблиці +1, -1 значення величин  $A$ ,  $B$ ,  $C$  приведені у відносній формі ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) від  $A_{\max} \dots A_{\min}$ .

Наприклад,  $a = \frac{A - A_o}{\Delta A}$ , де  $\Delta A$  інтервал варіювання (рекомендується брати різним абсолютній похибці  $\Delta A$ ).

Залежність похибки для трьох величин [4, 5]:

$$\Delta Y = y_o + k_1 \cdot A + k_2 \cdot B + k_3 \cdot C. \quad (5)$$

Для отримання коефіцієнтів  $y_o$ ;  $k_1$ ;  $k_2$ ;  $k_3$  можна використати математичні підходи приведені в джерелах [4, 5]. Після перевірки вищеприведеної залежності (5) на адекватність її можна використати для оцінки  $\Delta Y$ .

Вищеприведений методичний підхід може бути використаним для дослідження залежності  $\Delta Y$  від конкретних значень  $A, B, C$ .

Особливістю отримання  $\Delta Y$  є використання математичного апарату багатofакторного планування експерименту.

### Перелік посилань

1. Тарасенко В. Г. Основи метрології та електричні вимірювання: навч. посібник / В.Г. Тарасенко, О.Ю. Долга. – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 214с.
2. Дорожовець М. Оцінювання результатів вимірювання: навчальний посібник: [для студ. вищих навч. закл.] / М. Дорожовець. – Львів: видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 624с.
3. Бранский Л.Н., Краткий справочник метролога: Справочник / Л.Н. Бранский, А.С.Двойников. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 79с.
4. Егоров А.Е. Исследование устройств и систем автоматики методом планирования эксперимента. / А.Е. Егоров, Г.Н. Азаров, А.В. Коваль. – Харьков. «Высшая школа. Издательство при харьковском университете», 1986. – 240с.
5. Статистические методы в инженерных исследованиях ( лабораторный практикум): учебное пособие / В.П. Бородин, А.П. Воцинин, А.З. Иванов / под. ред. Г.К. Круга. – М.: Высшая школа, 1983. – 216 с.