

ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ ІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ ПРЕДСТАВЛЕНИХ В УНІТАРНОМУ БАЗИСІ

Проблема використання інформаційних складових сигналу сучасних первинних перетворювачів витрати, які традиційно ґрунтуються на використанні імпульсних, амплітудних та частотних характеристик інформаційно-вимірювальних сигналів, що в той чи інший спосіб характеризують контрольований параметр ускладнюється впливом завад та різного роду спотворень, що зумовлює необхідність наукових досліджень та розробок, зокрема в області цифрового опрацювання сигналів.

При реалізації первинних перетворювачів витрати газу зазвичай представляють дані про дискретні об'єми вимірюваного середовища в унітарному базисі на основі одиничних імпульсів, які формуються перетворювачами герконного типу, магнітоіндуктивного, оптичного тощо. Одним з варіантів вирішення питання спотворення імпульсних вимірювальних сигналів є реалізація цифрових компактних засобів опрацювання на основі сучасних мікроконтролерів, що дозволяють задіяти математичний апарат статистичного оцінювання. Запропоновано застосування інформаційної ентропії, що не потребує використання АЦП, великих об'ємів пам'яті під масиви для обробки даних і забезпечує найкращу ефективність порівняно з іншими статистичними характеристиками.

Ключові слова: сигнал, перешкоди, статистичні характеристики, ентропія.

STEPAN IVANOVYCH MELNYCHUK, IRYNA ZINOVIIVNA MANULYAK

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

STATISTICAL CHARACTERISTICS TO PROCESS PULSE SIGNALS EXPENSES COMPRISE PRIMARY CONVERTER IN A UNITARY BASIS

Abstract. The problem of the information signal components use into modern primary transducers costs traditionally based on the use of pulse, amplitude and frequency characteristics of information and measurement signals in one way or another characterize controlled setting is complicated by the influence of noise and various distortions that necessitates research and development in particular in digital signal processing.

In implementing the primary gas flow transducers are usually discrete data volumes measured environment in a unitary basis based on individual pulses are generated converters reed switch type magnetic inductance, optical and others. One solution to the issue of distortion of pulse measuring signals is the realization of compact digital processing means on the basis of modern microcontrollers, allowing use mathematical tools of statistical evaluation. Application of information entropy that does not require the use of ADC, large amounts of memory arrays for data processing and provides superior efficacy compared to other statistical characteristics.

Keywords: signal, obstacles, statistical characteristics, entropy.

Вступ

Загальна тенденція в розвитку вимірювальних перетворювачів, зокрема перетворювачів витрат, зумовлена збільшенням вимог точності при одночасному ускладненні експлуатаційних умов. Упровадження нових високоточних технологій обліку природного газу під час проведення комерційних розрахунків передусім зумовлює необхідність удосконалення апаратного, алгоритмічного та метрологічного забезпечення витратомірних комплексів та первинних перетворювачів, як їх компонентів. Така ситуація зумовлює необхідність проведення наукових досліджень з метою виявлення нових фізичних явищ та матеріалів, нових методів опрацювання інформаційно-вимірювальних сигналів, які б дозволили вирішувати задачі, що виникають в експлуатаційних умовах.

При реалізації первинних перетворювачів витрати газу традиційно використовують імпульсні перетворювачі, які представляють дані про дискретні об'єми вимірюваного середовища в унітарному базисі, а саме геркони, магніто-індуктивні, оптичні датчики, датчики Холла. Згадані пристрої зазвичай представляють дані про фіксовані переміщення мірного елемента. З появою і розвитком нових технологій, які дозволяють, після відповідного опрацювання (реалізується безпосередньо на замірній ділянці), подати дані в цифровій формі, інформативність та надійність первинних перетворювачів суттєво зростає.

При реалізації інформаційно-вимірювальних каналів та вузлів обліку на об'єктах нафтогазової промисловості, найпоширенішими є первинні перетворювачі швидкості газових середовищ, зокрема витратоміри турбінного типу, в яких основним джерелом інформації є датчик Холла, що формує імпульси зумовлені обертовими рухами мірного елемента, кількість яких пропорційна до поточної витрати [1]. Іншими пристроями, які часто використовуються в промисловості, є перетворювачі, в яких джерелом інформації про вимірювальний параметр є частота формування низькочастотних пульсацій (завихрень), яка перетворюється у відповідні коливання амплітуди електричного сигналу. Розвиток методів та засобів цифрового опрацювання сигналів зумовив створення акустичних ультразвукових перетворювачів. Згадані пристрої ґрунтуються на визначенні зміни швидкості ультразвукових коливань, яка залежить від переміщення вимірювального середовища. Є також пристрої, які широко використовуються при реалізації інформаційно-вимірювальних каналів. Принцип дії таких пристроїв ґрунтується на фрагментації

вимірювального середовища на фіксовані об'єми, що відповідають одному циклу ходу мірного елемента, зокрема роторні, барабанні, турбінні, кулькові, камерні. Використання мірних елементів, принцип перетворення інформації в яких ґрунтується на фіксації руху чутливих елементів (роторів, турбін, барабанів тощо) ґрунтується на унітарному базисі. На даний час в Україні експлуатуються понад 50 типів лічильників газу, які занесені до Державного реєстру /1/. Частина з них укомплектована давачами, які представляють вимірювану величину з імпульсним вихідним сигналом.

Крім того, сучасні розробки первинних перетворювачів з рухомими мірними елементами, в більшості випадків, представляють вимірювальні дані в унітарному базисі, що зумовлено конструктивними особливостями та методом вимірювання таких пристроїв, зокрема вимірювання витрати за переміщенням сферичної мітки [2], який здійснюється шляхом використання моменту сили, що прикладається до сферичної мітки в торовидній мірній камері і дозволяє забезпечити підвищення точності вимірювання, мінімізувати додаткові опори за рухом середовища, практично усунути вплив промислових завод та розширити робочий діапазон засобів вимірювання. За рахунок того, що вхід потоку здійснюється по дотичній за напрямком переміщення середовища, а вихід у протилежному – на внутрішньому і середньому радіусах мірної камери, величина моменту є практично постійною, що дозволяє забезпечити рух сферичної мітки за потоком по колу. Перетворивши такі переміщення за допомогою оптичного перетворювача в імпульсний сигнал за яким визначають зміну часових інтервалів між послідовними проходженнями мітки отримують величину, яка пропорційна до витрати середовища.

Перевагами унітарного базису в таких перетворювачах є порівняно нескладна реалізація процесів перетворення, кодування та декодування інформації. Точність перетворення фізичних величин в згаданих давачах мало залежить від швидкості переміщення мірного елемента (пазового колеса, лопатки ротора чи отвору диску) повз пристрій формування сигналів. Така конструкція дозволяє використовувати їх в інформаційно-вимірювальних каналах (ІВК) автоматизованих систем обліку газу.

Проте такий підхід при вимірюванні малих витрат характеризується низькою інформаційною ефективністю, оскільки потребує тривалого часу для формування відповідної кількості імпульсів, що в свою чергу збільшує ймовірність отримання хибного їх числа. У інформаційно-вимірювальних комплексах, які працюють в комплекті з лічильниками газу, що мають імпульсний вихідний сигнал в унітарному коді, практично відсутня можливість поновлення втраченої інформації та автоматичного коректування невірних даних при тимчасових розривах ІВК, сторонніх завадах чи відмовах обладнання.

З метою оцінювання можливих інформаційних втрат при використанні вище згаданих перетворювачів проведено ряд експериментальних досліджень робочих еталонів витрати газу типів: РЛ, РЛ, ЛГ, при вимірюваннях в контрольних точках діапазону [3]. Визначалась величина розбіжності кількості імпульсів – дискретних об'ємів (1), в межах однієї витрати за багатократних повторних спостережень, результати досліджень подані в таблиці 1:

$$\Delta_i = f(N_{\max i} - N_{\min i}) \tag{1}$$

де Δ_i – величини розбіжності кількості імпульсів від витрати газу;

$N_{\max i}, N_{\min i}$ – максимальна, мінімальна кількість імпульсів в і-тій точці діапазону.

У перетворювачах типу РЛ кількість імпульсів на м³ 146, звідки похибка буде складати 0,2%, для типу ЛГ кількість імпульсів на м³ 400, відповідно похибка до 0,3 %, для типу РЛ кількість імпульсів на м³ 10000, відповідно похибка до 1,6 %.

Таблиця 1

Усереднена величина розбіжності кількості імпульсів від витрати газу в робочих еталонах барабанного РЛ, роторного РЛ та турбінного ЛГ типів

РЛ	$Q(x)$	0,018	0,03	0,045	0,055	0,07	0,09	0,11	0,13	0,17	0,25	0,35	0,45	0,55
	$\Delta_i(y)$	5,3	5,8	5,5	5,0	5,6	6,0	5,7	5,6	5,7	6,0	5,8	5,5	6,0
РЛ	$Q(x)$	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	4,2	6,0	7,0	8,0	10,0	11,3
	$\Delta_i(y)$	1,8	1,8	2,0	1,9	1,8	11,0	4,0	2,0	6,9	1,9	11,9	4,0	7,8
ЛГ	$Q(x)$	14,0	17,1	22,3	38,4	72,3	123,4	178,9	224,7	260,1	590,5	995,3	1320,2	1732,1
	$\Delta_i(y)$	9,9	4,9	2,7	8,7	6,8	6,8	5,0	7,2	12,1	26,0	29,8	29,9	25,0

Наявність таких похибок може бути зумовлена різними факторами, зокрема неточне виготовлення чутливих елементів (скануючих дисків, зубчатих коліс тощо), нерівномірність газового потоку та перехідні процеси, які відбуваються при цьому, зміни сил тертя в механічних вузлах, а також недосконалістю вимірювального перетворювача, який також зазнає сторонніх впливів різних типів, що приводить до спотворення вихідного імпульсного сигналу. Крім того, використання згаданих пристроїв в промислових умовах ускладнюється впливом завод, зумовлених різного роду комутаціями. Фактично у (ІВК), які працюють в комплекті з лічильниками газу, що мають імпульсний вихідний сигнал в унітарному коді, практично відсутня можливість поновлення втраченої інформації та автоматичного коректування невірних даних при тимчасових розривах ІВК, сторонніх завадах чи відмовах обладнання.

Таким чином проблема використання інформаційних складових сигналу та ефективного кодування

потребує подальших наукових досліджень і розробок, зокрема в області опрацювання вимірювальних сигналів. Одним з перспективних напрямків може бути використання компактних цифрових систем, які б дозволили використовувати сучасний математичний апарат для зменшення інформаційних втрат в первинних перетворювачах та інформаційно-вимірювальних каналах.

Експериментальна частина

Сучасні цифрові засоби застосовуються для вимірювань практично всіх параметрів фізичних величин як у промисловості, так і у наукових дослідженнях. З метою уніфікації елементної бази та забезпечення певних зручностей в користуванні, фізичним носієм вимірювальної інформації у них прийнято електричні сигнали, які мають ряд суттєвих переваг, а саме: універсальність, дистанційність, науково обґрунтовані і практично підтвержені методи та засоби опрацювання, можливість реєстрації швидкоплинних процесів, простота узгодження із засобами мікропроцесорної техніки. Цифрові вимірювальні засоби (рис. 1) в загальному випадку складаються із вхідного аналогового перетворювача АП вимірюваної величини X в електричну вихідну величину Y , аналого-цифрового перетворювача АЦП та формувача кодових елементів ФК, що і визначило їх основну роль у вимірювально-обчислювальних комплексах [4].

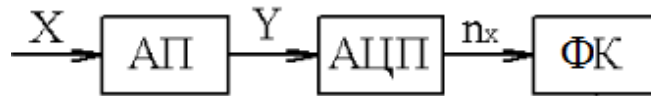


Рис. 1. Узагальнена структурна схема цифрового вимірювального приладу

В ході проведення досліджень використано дослідний взірець первинного перетворювача витрати газу [2], джерелом інформації про вимірюваний параметр якого є імпульсний перетворювач оптичного типу. Фрагмент реалізації інформаційно-вимірювального сигналу з наявними завадами та спотвореннями, зумовленими конструктивними особливостями засобу та комутаціями подана на рисунку 2 а. Фрагмент деталізованої форми імпульсного сигналу представлено на рисунку 2 б. Як можна побачити, використання порогового оцінювання не дозволяє забезпечити однозначне розділення інформаційних імпульсів та завад, узагальнено на точність опрацювання сигналів впливають такі чинники як втрата сигналу та поява не вимірювальних імпульсів при накладанні завад тощо [5].

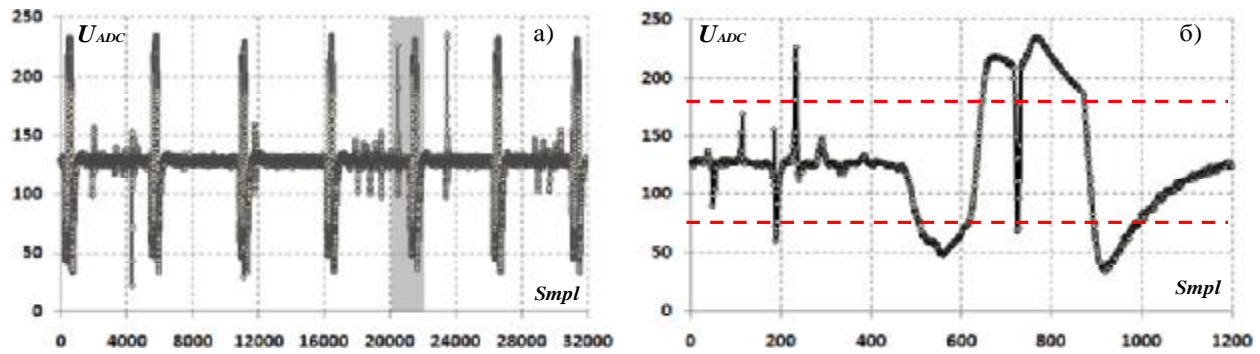


Рис. 2. Реалізації: а) імпульсний вимірювальний сигнал; б) одиничний імпульс із завадами та спотвореннями

Одним з методів зменшення сторонніх впливів є зниження вагового значення одиничного імпульсу, а також використання спеціалізованих аналогових схемотехнічних рішень, які ґрунтуються на використанні нелінійних елементів, що характеризуються вузьким діапазоном та флуктуацією власних параметрів, для послаблення не вимірювальних сигналів. Проте згаданий підхід приводить до зростання вимог до апаратної частини використовуваних приладів, складності налаштувань, додаткових обрахунків тощо. Крім того багатомільйонний парк лічильників, що уже експлуатуються практично унеможливує реалізацію їх заміни на сучасні цифрові перетворювачі. В такій ситуації ефективними можуть бути рішення спрямовані на їх часткову модернізацію, зокрема використанні мікроконтролерів, які мають у своєму складі АЦП та достатні обчислювальні можливості, що дозволяє опрацьовувати сигнали та оцінювати їх характеристики. Одним з варіантів вирішення проблем пов'язаних з використанням унітарного базису, при опрацюванні імпульсних сигналів є використання їх статистичних характеристик, зокрема математичне сподівання M_x , дисперсії D_x , середньоквадратичне відхилення S_x та ентропію H_x , які обчислюються за такими формулами [6]:

$$\begin{aligned}
 M_x &= \frac{1}{n} \sum x_i p_i, & D_x &= \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2, \\
 S_x &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}, & H_x &= \sum p_i \cdot \log\left(\frac{1}{p_i}\right).
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

В результаті чисельного моделювання на основі експериментально отриманих, в промислових

умовах, реалізації імпульсних сигналів здійснено дослідження статистичних характеристик M_x , D_x , S_x та H_x . В ході опрацювання імпульсний вимірювальний сигнал оцифровувався 16-ти розрядним АЦП, після чого формувались цифрові інформаційні пакети фіксованої довжини за якими розраховувались відповідні статистичні оцінки [7].

В ході дослідження розроблено алгоритмічне забезпечення, яке дозволяє розраховувати відповідні статистичні оцінки для різних розмірів фрагментів сигналу а також моделювати (зменшувати) розрядність АЦП, зокрема блок-схеми обчислення інформаційної ентропії подано на рисунку 3. Крім того в [8] авторами запропоновано оптимізацію алгоритму обчислення функції логарифму, що не потребує використання розкладу в ряд Тейлора і дозволяє забезпечити похибку обчислення, яка на порядок менша порівняно з величиною розсіювання ентропійних оцінок досліджуваного сигналу.

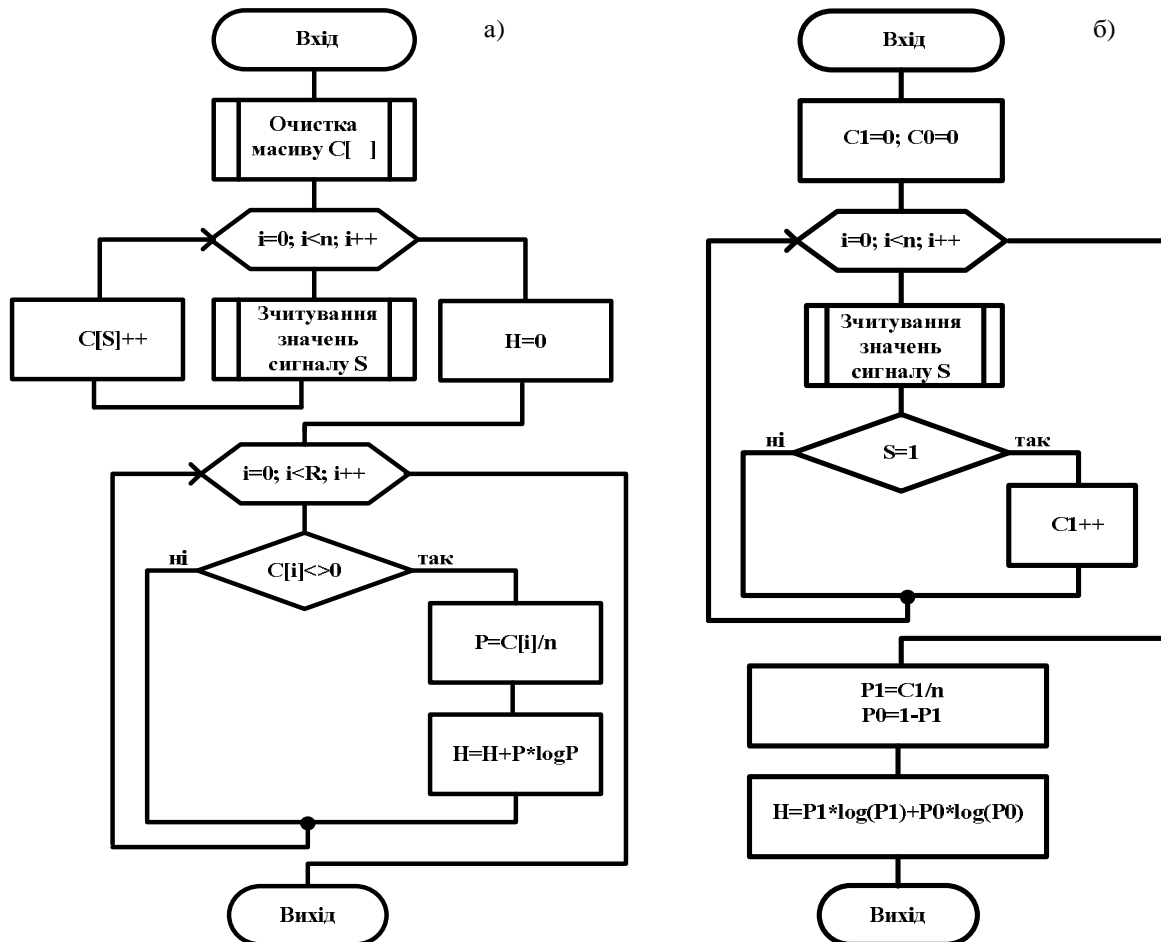
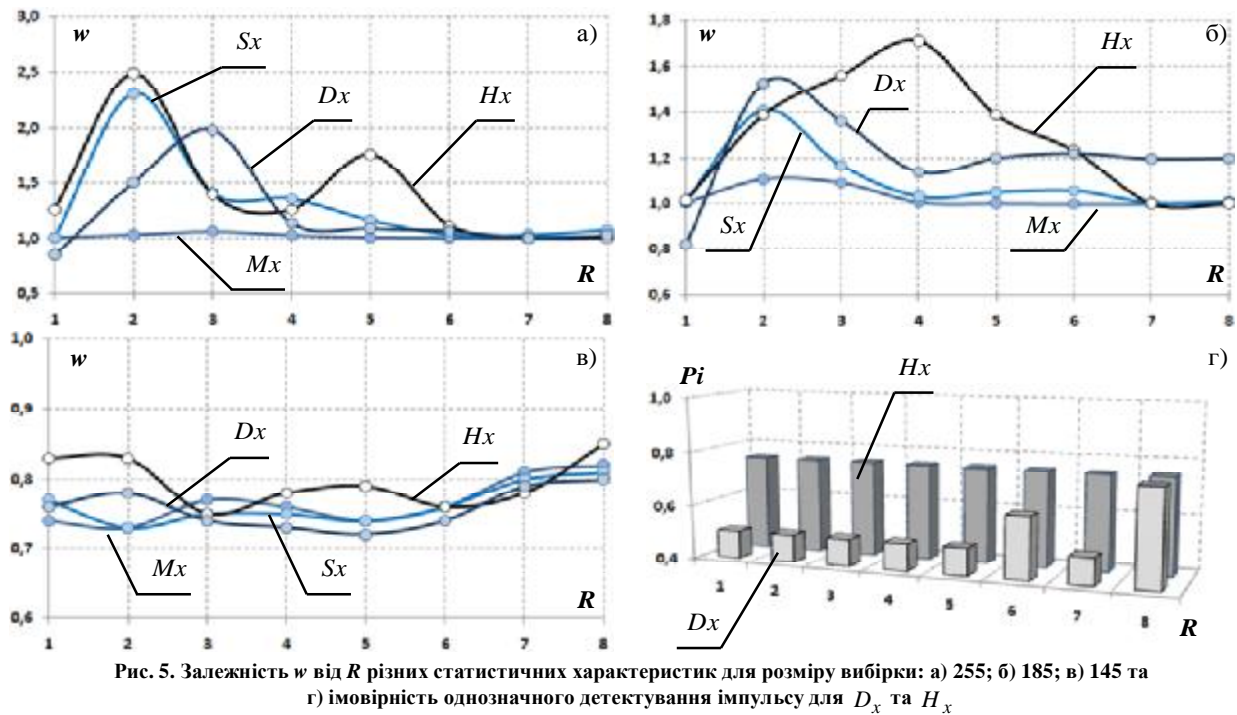
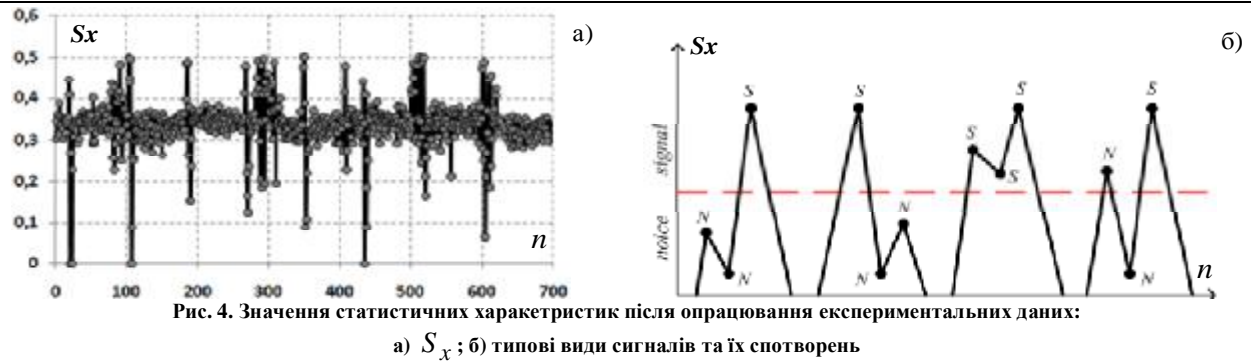


Рис. 3. Блок-схеми для розрахунку оцінок ентропії при а) R-станах АЦП; б) 2 станах АЦП (компаратор)

В ході опрацювання експериментальних реалізацій сигналу оцінювались мінімальні значення статистичних характеристик, що отримуються для вимірювальних імпульсів, а також максимальні значення таких характеристик для фрагментів із завадами. Опрацьовано статистичні характеристики для різних розмірів вибірки та різної розрядності, зокрема модельовано АЦП від 1-но до 8-ми розрядного та фрагменти розміром 255, 185, 145 та 105 спостережень амплітуд сигналу. Приклад сформованої статистичної характеристики СКВ сигналу оптичного перетворювача при моделюванні 2-ох розрядного АЦП для фрагменту вибірки сигналу 255 елементів подано на рисунку 4 а.

На основі отриманих результатів проведено узагальнення наявних форм статистичних характеристик, що представляють реалізації сигналів за наявності та відсутності у завадах компонент імпульсного характеру, які подано на рисунку 4 б.

За результатами дослідження в чисельному експерименті встановлено, що зі зменшенням розміру вибірки кількість сигналів, що можна однозначно ідентифікувати при опрацюванні зменшується, зокрема при розмірі фрагменту 255-185 елементів імовірність коректної ідентифікації складає 1, для фрагментів 184-145 – не перевищує 0,75 і при зменшенні до 100 – 0.62, що фактично є неприйнятним при реалізації інформаційно-вимірювальних систем. Крім того, з метою оцінки можливого зменшення апаратних затрат проведено аналіз впливу розрядності АЦП на адекватність виділення вимірювальних сигналів з їх статистичними характеристиками. Результати згаданих досліджень подано на рисунку 5, де w – відношення мінімального значення статистичної характеристики фрагменту амплітуд сигналу до максимального значення статистичної характеристики сигналу спотвореного завадами, в залежності від розрядності R.



Як можна побачити, використання статистичних оцінок практично в усіх випадках дозволяє забезпечити виділення інформаційно-вимірювальних імпульсних сигналів, проте для випадку використання однорозрядного АЦП, тобто компаратора, оцінки інформаційної ентропії характеризуються найкращою імовірністю однозначного детектування сигналів (див. рис. 5 г). Слід зазначити, що при використанні оцінок центральних моментів вищих порядків, результати досліджень яких не наведено оскільки вони сумірні, в окремих випадках суттєво гірші, порівняно з S_x .

За результатами проведених досліджень запропоновано алгоритм опрацювання імпульсних сигналів на основі розрахунку оцінок інформаційної ентропії амплітуд їх послідовних фрагментів (див. рис. 3 б), який використовує компаратор, лічильник і функцію розрахунку ентропійної оцінки, що фактично дозволяє задіяти мікроконтролери без АЦП-перетворювачів і, як наслідок, збільшити швидкість опрацювання та спростити схемну реалізацію цифрового пристрою опрацювання сигналів.

Висновки

Реалізація алгоритмів статистичного опрацювання сигналів на базі цифрових мікроконтролерних підсистем дозволяє вирішити ряд задач пов'язаних з модернізацією первинних перетворювачів, зокрема з обліку газу, які уже експлуатуються, реалізованих на основі унітарного базису. В ході проведених досліджень підтверджені перспективність запропонованого підходу, а також встановлено, що використання оцінок інформаційної ентропії, при опрацюванні імпульсних амплітудних сигналів, забезпечує найбільше відношення w сигнал/завада за однокового розміру фрагменту для випадку використання компаратора. Крім того, схемотехнічне рішення запропонованого підходу не потребує використання АЦП і додаткових об'ємів пам'яті під масиви для опрацювання даних.

Література

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2 / Под общ. ред. Е. А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. – 412 с.: ил.

2. Патент на винахід №97780 «Спосіб вимірювання витрати за переміщенням сферичної мітки вимірюваним середовищем». Мельничук С.І., Мазурик І.З., Яковин С.В. 12.03.2012.
3. Пістун Є. П. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. / Є.П. Пістун, Л.В. Лесовой. – Львів: Видавництво ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», 2006. – 576 с.
4. Стенцель Й.І. Метрологія та технологічні вимірювання в хімічній промисловості / Й. І. Стенцель, В. В. Тіщук. – Луганськ: Східноукраїнський держ. ун-т, Северодонецький технологічний ін-т, 2000. – Ч.1. – 263с.
5. Жураковський Ю.П. Теорія інформації кодування: [підручник] / Ю.П. Жураковський, В.П. Полторака. – К.: Вища шк., 2001. – 255с.
6. Заде Дж. Теория информации и её приложения (сборник переводов под ред. А.А. Харкевича) / Дж. Заде, Р. Хартли, К. Шеннон и др. – М.: Физматгиз, 1959. – 328 с.
7. Пряха Б.Г. Про числові характеристики результатів вимірювань / Б.Г. Пряха // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід. – Чернігів: ЧДІЕУ, 2008. – 243 с.
8. Мельничук С.І. “Оптимізація алгоритму обчислення оцінок інформаційної ентропії випадкових сигналів для цифрових засобів обміну даними”. / С.І. Мельничук, М.І. Коропецька, І.З. Мануляк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – №3. – С. 141-148.

Рецензія/Peer review : 28.9.2015 р.

Надрукована/Printed :2.11.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Заміховський Л.М.

УДК 004.031

А.П. ПОНОМАРЕНКО, С.С. КОВАЛЬЧУК

Хмельницький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ І КОМПЛЕКСАХ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

У статті наведені визначення комплексних, комбінованих, інтегрованих і синергетичних технологій. Проведено аналіз існуючих обчислювальних систем та комплексів в галузі будівництва та архітектури. Розкрито необхідність розробки нових програмних продуктів або модулів до існуючих САПР.

Ключові слова: інформаційні технології, САПР, будівництво, архітектура

A.P. PONOMARENKO, S.S. KOVALCHUK
Khmelnitsky National University, Khmelnytsky, Ukraine,

INFORMATION TECHNOLOGIES IN MODERN COMPUTER SYSTEMS AND COMPLEX CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Abstract -In the article the analysis of existing computer systems in the field of construction and architecture was given. The necessity to develop new systems or to improve existing one was grounded.

The definitions of complex, combined, integrated and synergetic technologies were provided in this article. The analysis of existing computer systems and complexes in the field of construction and architecture on the usage of these technologies in them was performed. The requirement to develop new software products or modules to existing CAD systems on the basis of integrated technologies' structure was proved. A general pattern of the integrated construction and architecture technologies' structure was carried out.

The necessity to develop new software products or modules to existing CAD systems in order to ensure full compliance with the structure of integrated technologies in the field of construction and architecture under the BIM approach was determined basing on the studies of existing CAD systems' structure and construction technologies.

Keywords: information technologies, CAD system, construction, architecture

Вступ

Внаслідок інтенсивного розвитку техніки протягом ХХ і на початку ХХІ століття нові та досить ефективні технології для одного покоління виробників і споживачів продукції ставали в подальшому застарілими і не завжди задовольняли зростаючі потреби часу і ринку. Це зумовило необхідність не тільки в розробці нових технологій, скільки у розвитку нових підходів до їх розробки. При цьому використовуються різні види технологій - комплексні, комбіновані, інтегровані, синергетичні та інші. [1]

Технологія - це комплекс наукових та інженерних знань, реалізованих у прийомах праці, наборах матеріальних, технічних, енергетичних, трудових факторів виробництва, способах їх поєднання для створення продукту або послуги, що відповідають певним вимогам [2].

Згідно визначення, прийнятого ЮНЕСКО, інформаційна технологія - це комплекс взаємозалежних наукових, технологічних, інженерних дисциплін, що вивчають методи ефективної організації праці людей, зайнятих обробкою і зберіганням інформації; методи організації і взаємодії з людьми і виробничим устаткуванням а також пов'язані з усім цим соціальні, економічні та культурні проблеми.

Інформаційна технологія повинна відповідати таким вимогам [2]:

- забезпечувати високу ступінь поділу всього процесу обробки інформації на етапи (фази), операції, дії;

- включати весь набір елементів, необхідних для досягнення поставленої мети;