

УДК 681.121

В.М. Романів, С.І. Мельничук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

## АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБУ КОНТРОЛЮ ВИЩИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ КОМПОНЕНТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

*На основі розробленого аналітичного забезпечення запропоновано алгоритм функціонування інформаційно-вимірювальних каналів багатоканального інфрачервоного газоаналізатора для контролю концентрації вищих вуглеводневих компонент природного газу.*

*Ключові слова: компонентний склад, алгоритмічне забезпечення, природний газ.*

### Вступ

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день Україна крім власного видобутку транспортує природний газ із інших країн Європи та Азії, теплота згорання якого змінюється в основному від 8000 до 8400 ккал/м<sup>3</sup>. Теплота згорання природного газу, основну частину якого складають вищі вуглеводневі компоненти, визначається в основному хроматографічним методом за компонентним складом. За значенням теплоти згорання, як умовно сталої величини та значенням об'єму газу, приведених до нормальних умов визначають енергію газу. В Україні функціонує близько 120 хіміко-аналітичних лабораторій [1], які мають право проводити аналіз фізико-хімічних показників (ФХП) природного газу. На газопроводах визначено близько 700 місць відбору, де періодично (не рідше 1 разу на тиждень) проводиться визначення ФХП газу та на особливо важливих місцях (де компонентний склад змінюється в значних межах) встановлено біля 50 потокових хроматографів, де визначення енергії газу здійснюється постійно. Доцільно зазначити, що вартість одного потокового хроматографа орієнтовно 100 тис. дол., вартість аналізу проби газу в акредитованій лабораторії - 2 тис.грн.

Сучасні технології контролю за компонентним складом природного газу ґрунтуються на цифровому опрацюванні даних, які потребують залучення обчислювальних систем, починаючи від простих - реалізованих на базі мікроконтролерів до складних стаціонарних обчислювальних комплексів. Зокрема компанія Itron Inc розробила лічильник енергії природного газу, який є інтегрованим вимірювальним комплексом здатним в динамічному режимі вираховувати зміну компонентного складу газу [2]. Фірма Elster Instromet запропонувала прилад En Cal 3000 з використанням MEMS технології та контролером у вибухобезпечному виконанні, який працює по протоколу ModBus для з'єднання із системою збору інформації або витратоміром. За допомогою інтерфейсу TCP/IP він може бути інтегрованим в

комп'ютерну мережу. У потоковому хроматографі фірми DANIEL використовується контролер моделі 2350 A, який складається із блоку електроніки і портів обробки сигналів, керування приладом, зберіганням даних інтерфейсу ПК і телекомунікацій. Це дозволяє проводити аналіз компонентного складу природного газу в польових умовах із збереженням метрологічних характеристик та інтегрувати його в систему збору даних.

Таким чином, питання вдосконалення та розробки сучасних не дорогих засобів контролю за компонентним складом природного газу безпосередньо на газопроводі є актуальною практичною та науковою задачею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах [3, 4] запропоновано удосконалення одного із оптичних методів інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії, яке полягає у застосуванні трикошетної схеми визначення основних горючих складових природного газу на основі використання кільцевидної кювети для визначення частки одного компонента у газовій суміші. Для оперативного вимірювання основних горючих компонент природного газу і розрахунку його теплотворної здатності, безпосередньо у трубопроводі, без попередньої підготовки проб у роботі [4] запропоновано вимірювати такі основні компоненти (CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) на основі прямих вимірювань. З отриманих значень концентрацій основних компонентів за допомогою запропонованої методики розраховується сумарна концентрація C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>+ і енерговміст газової суміші. Такий підхід дозволяє підвищити точність визначення компонент їх швидкодію та селективність. Для реалізації запропонованого удосконалення розроблено методику визначення концентрації вищих вуглеводнів на підставі даних вимірювання основних вуглеводневих компонент природного газу [5,6]. Слід зазначити, що розроблена методика є громіздкою та порівняно складною для практичної реалізації. В роботі [7] запропонована удосконалена методика для адаптивного оцінювання вуглеводневих компонент природного газу (бутану, пентану, гексану) на основі вимірювань

компонент (CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) та попередньо одержаних статистичних даних аналізу компонентного складу хроматографічним методом. Однією із невирішених задач у наведених матеріалах є розробка алгоритмічного забезпечення газоаналізатора, який може реалізувати згадану методику.

**Метою статті** є розробка алгоритмічного забезпечення газоаналізатора, вищих вуглеводневих компонент природного газу.

### Виклад основного матеріалу

Багатоканальний ІЧ газоаналізатор призначений для контролю основних трьох вуглеводневих компонент природного газу в режимі реального часу може бути застосований для контролю енергії природного газу. Це дозволить здійснювати оптимальне керування енергоємними технологічними процесами. Для визначення енергії природного газу необхідно крім контролю його теплотворної здатності здійснювати його облік. Тому в роботі [4] запропонована структурна схема системи, у склад якої входить багатоканальний інфрачервоний газоаналізатор та замірна дільниця на основі витратоміра газу турбінного типу. На основі такої схеми розроблено алгоритм роботи засобу контролю концентрації вищих вуглеводневих компонент природного газу з можливістю інтегрування його в систему вимірювання енергії газу. Доцільно зазначити, що для забезпечення процесу визначення вуглеводневих компонент задіяно паралельно три кювети окремо для кожного газу (метану, етану, пропану), структура і алгоритм роботи яких ідентичний. Алгоритм роботи інформаційно-вимірювального каналу (ІВК) компоненти газу подано на рис. 1.

Працює система наступним чином, при включенні системи, поступає керуючий модульований сигнал з мікроконтролера на три перенастроювані діодні лазери (ПДЛ), які є джерелами ІЧ випромінювання. Кожен ПДЛ - лазер налаштований на конкретну смугу випромінювання, яка відповідає частоті поглинання метану (етану, пропану). Промінь ІЧ випромінювання проходить через оптичну систему в склад, якої входять волоконно-оптичний розгалужувач, кювети (вимірювальна та дві порівняльні з S<sub>min</sub> та S<sub>max</sub>) і потрапляє на фотоприймач, де інтенсивність випромінювання перетворюється у напругу пропорційну концентрації компонента в кюветах.

Аналоговий сигнал підсилюється, стабілізується і оцифровується та поступає на мультиплексор. З мультиплексора сигнал поступає на мікроконтролер, у склад якого входять 5 вимірювально-обчислювальних блоків (модулів).

Для розрахунку концентрації трьох компонент природного газу в режимі реального часу використано три модуля. Алгоритм роботи модулів 1-3 зображено на рис. 2, 3.

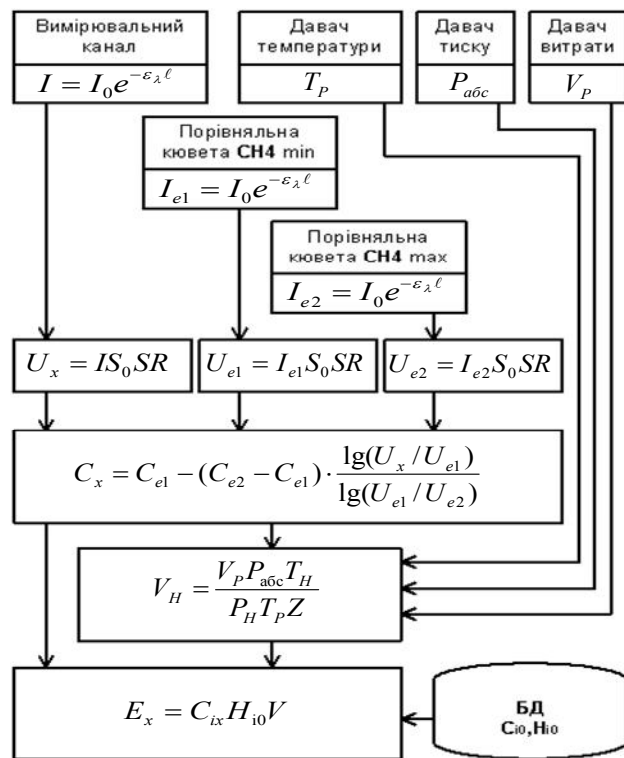


Рис. 1. Алгоритм роботи каналу контролю концентрації вищих вуглеводневих компонент природного газу з можливістю інтегрування його в систему вимірювання енергії газу

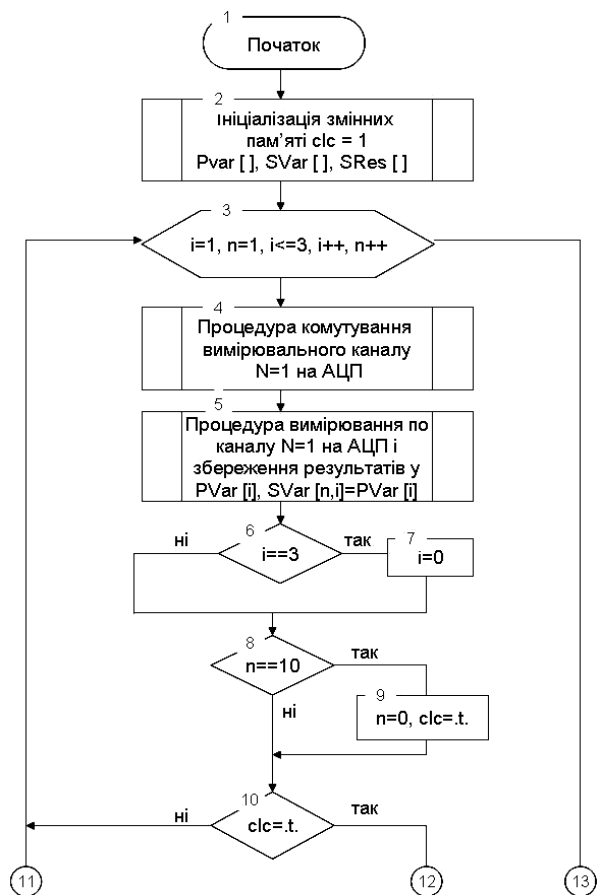


Рис. 2. Алгоритм роботи модулів 1-3 призначених для визначення концентрації метану, етану, пропану

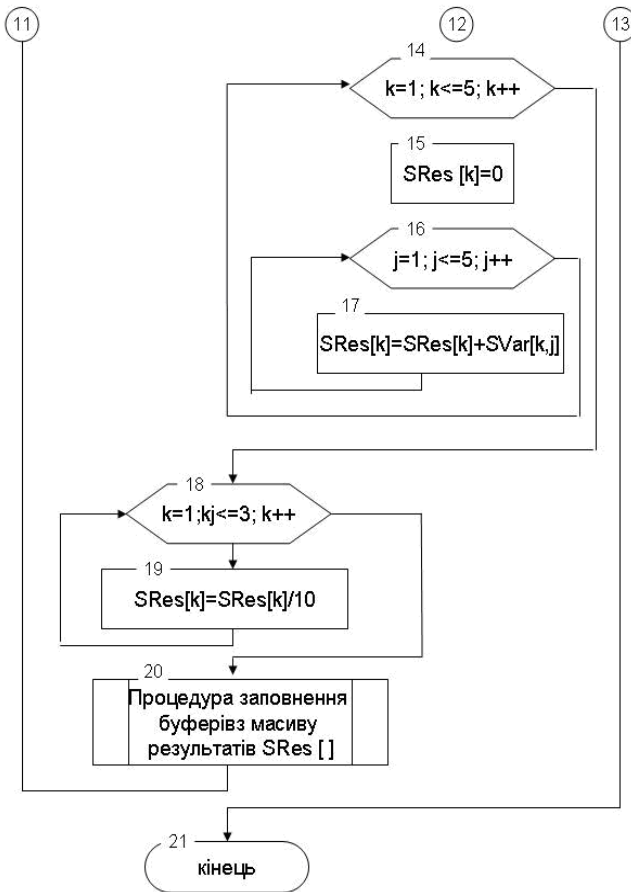


Рис.3. Алгоритм роботи модулів 1-3, призначених для визначення концентрації метану, етану, пропану (закінчення)

Для здійснення роботи модулів ініціалізовано змінні пам'яті:

$P_{Var}[]$  – поточні вимірювання по кожному із трьох каналів;

$S_{Var}[]$  – масив із десяти поточних вимірювань по кожному із трьох каналів;

$S_{Res}[]$  – масив середньо-арифметичних значень вимірювань по кожному із трьох каналів;

$cLc$  – дозвіл на обчислення середньоарифметичних значень.

У циклі здійснюється процедура комутування і-того вимірювального каналу на АЦП та процедура вимірювання по і-тому каналу із збереженням результатів у  $P_{Var}[i]$ .

Після десяти вимірювань сигналу по кожному із трьох каналів здійснюється визначення середньо-арифметичного значення та процедура обчислення концентрації компонента із занесенням результату в буфер пам'яті.

У модулі 4 здійснюється перетворення та обробка уніфікованих сигналів із давачів тиску та температури, значення яких будуть використані для корекції визначення компонентного складу природного газу та приведення його об'єму до нормальних умов, а також для поправки смуги випромінювання

ПДЛ-лазера пов'язаної із зміщенням смуги поглинання від впливу тиску та температури природного газу.

Алгоритм роботи основного обчислювального модуля 5 подано на рис. 4.

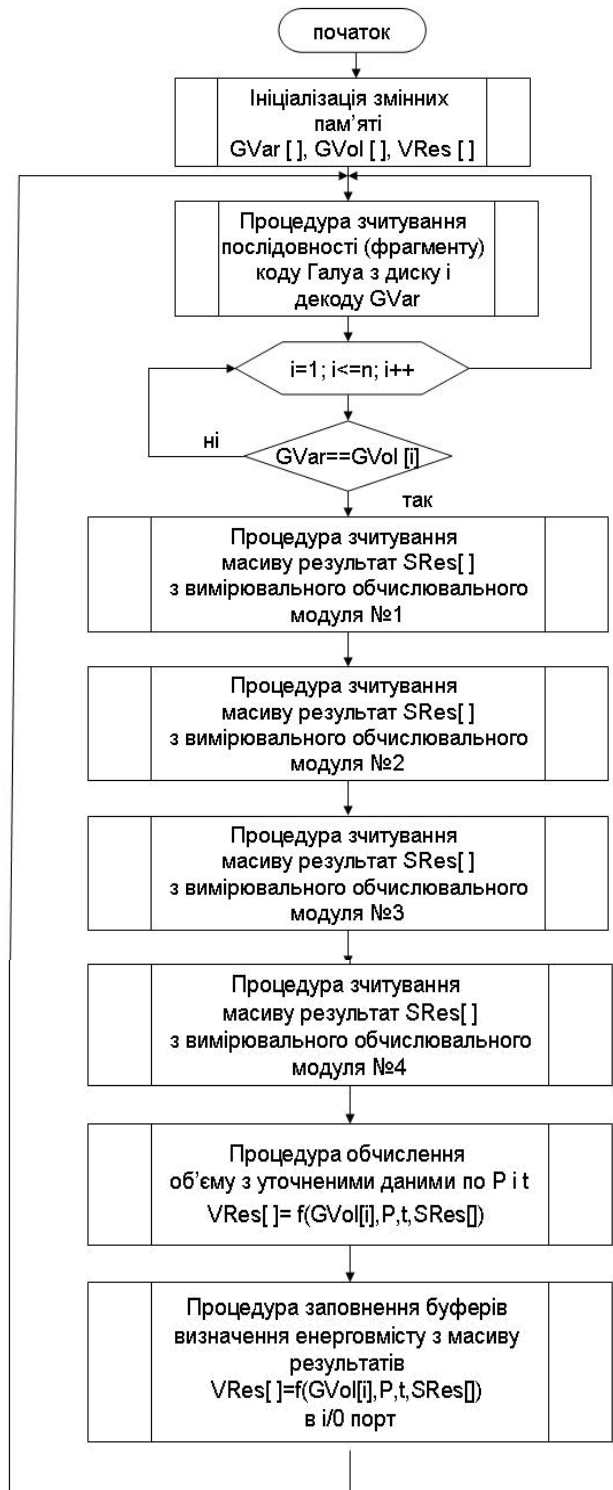


Рис. 5. Алгоритм роботи основного обчислювального модуля 5

Ініціалізуємо змінні пам'яті:

$G_{Var}[]$  – поточно зчитаний фрагмент коду в базисі Галуа для подальшого декодування;

$G_{Vol} []$  – масив фіксованих об'ємів, які ініціюють розрахунок компонентного складу газу;

$V_{Res} []$  – масив результатів.

У подальшому виконується процедура зчитування послідовності (фрагмента) коду поля Галуа з диску тахометричного витратоміра природного газу та проводиться його декодування.

Кожна декодована кодова послідовність відповідає фіксованому об'єму, далі виконуються процедури зчитування масивів результатів  $S_{Res} []$  із чотирьох модулів та корекція даних з врахуванням значень тиску та температури.

У залежності від значення концентрації метану, етану і пропану у природному газі здійснюється розрахунок концентрації бутану, пентану та гексану за методикою запропонованою в роботі [7]. Для цього використовуємо із бази даних значення концентрацій компонент одержаних попередньо на конкретному замірному вузлі.

Маючи результати концентрацій горючих газів  $C_i$  їх теплотворну здатність при нормальних умовах  $H_{ci}$  та їх об'єм визначаємо енергію природного газу та заповнюємо буфер з масиву результатів  $V_{Res} []$  з якого інформація через порт input/output може виводитись, як на периферійні засоби відображення інформації так і на засоби регулювання та сигналізації.

Також результати досліджень можуть передаватись до споживачів на значну відстань за допомогою оптоволоконної лінії зв'язку з метою їх подальшої обробки і накопичення.

На основі наведених алгоритмів було розроблено відповідне програмне забезпечення на мові програмування C++.

## Висновки

Запропонована алгоритмічна реалізація (ІВК) багатоканального ІЧ газоаналізатора для контролю концентрації вищих вуглеводневих компонент з

можливістю інтегрування його в систему вимірювання енергії газу не потребує значних обчислювальних ресурсів, що забезпечує його реалізацію на основі типових рішень, зокрема на базі поширених мікроконтролерів.

## Список літератури

1. *Енергія природного газу - фізико-хімічні показники [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.naftogaz.com>.*
2. Романів В.М. Аналіз засобів вимірювальної техніки для визначення енергетичних характеристик природного газу / В.М. Романів // *Методи та прилади контролю якості.* – 2007. – № 18. – С. 68-70.
3. Романів В.М. Математична модель для визначення енерговмісту природного газу / В.М. Романів // *Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування.* – 2007. – Вип. 33. – С. 76-84.
4. Удосконалення оптичного методу контролю визначення енерговмісту природного газу / В.М. Романів // *Науковий вісник Івано-Франківського національного університету нафти і газу.* – 2013. – № 1(34). – С. 179-187.
5. Ващишак С.П. Сучасні підходи до створення інфрачервоних газоаналізаторів для аналізу природного газу / С.П. Ващишак, В.М. Романів, С.А. Чеховський // *Нафтогазова енергетика.* – 2007. – № 4(5). – С. 70-75.
6. Романів В.М. Цифрова система оцінювання енергетичних параметрів природного газу за поглинаючою здатністю ІЧ-випромінювання його компонентами / В.М. Романів, С.І. Мельничук // *Сборник научных трудов SWorld.* – Вып. 3, том 6. – Иваново : Маркоза АД, 2013. – ЦИТ:313-1121. – С. 87-97.
7. Романів В.М. Методика адаптивного оцінювання вищих вуглеводневих компонент природного газу зі статистичним розширенням інформаційної бази / В.М. Романів, С.І. Мельничук // *Системи обробки інформації : збірник наукових праць.* – Х.:Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – Вип. 6 (131). – С. 127-130.

Надійшла до редколегії 18.04.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, доцент М.В. Кузь, Івано-Франківський університет права імені Короля Данила Галицького. Івано-Франківськ.

## АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ВЫСШИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ КОМПОНЕНТ ПРИРОДНОГО ГАЗА

В.М. Романив, С.И.Мельничук

*На основе разработанного аналитического обеспечения предложен алгоритм функционирования информационно-измерительных каналов многоканального газоанализатора для контроля концентрации высших углеводородных компонентов природного газа.*

**Ключевые слова:** компонентный состав, алгоритмическое обеспечение, природный газ.

## ALGORITHMIC SUPPORT OF CONTROL MEANS HIGHER HYDROCARBON COMPONENT OF NATURAL GAS

V.M. Romaniv, S.I. Melnychuk

*Based on the developed analytical support for the algorithm of functioning of information-measuring channels of the multichannel IR detector to control the concentration of higher hydrocarbon components of natural gas is proposed.*

**Keywords:** component composition, algorithmic support, natural gas.