

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ ГАЗСПОЖИВАННЯ МІСТА НА ОСНОВІ АДИТИВНОЇ МОДЕЛІ ТА З ВРАХУВАННЯМ МЕТЕОФАКТОРІВ

В даній статті розглянута практична реалізація інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста (обласного центра). На базі запропонованої адитивної моделі і з врахування метеофакторів. Обґрунтовані основні вимоги та запропонована автоматизована система моніторингу газоспоживання міста. Описана функціональна схема формування та накопичення бази вимірювань газоспоживання та метеофакторів. Запропонована структура БД для зберігання інформації з кроком накопичення година, доба, тиждень. На конкретному прикладі показано результати роботи даної автоматизованої системи моніторингу газоспоживання міста.

The present article deals with the practical implementation of information technology for monitoring the gas consumption of the city (regional centers) on the basis of proposals additive model and taking meteorological factors. Justified and suggested automating the monitoring system of gas consumption. The functional diagram of the formation of a database of measurements and framework developed of a database to store statistical data measurement of gas consumption and meteorological factors for interval accumulation hour, day and week. On example, demonstrated results applying automate system for monitoring of gas consumption of the city.

1. Вступ

В даній статті розглянута практична реалізація інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста (обласного центра). На базі запропонованої адитивної моделі і з врахування метеофакторів. Обґрунтовані основні вимоги та запропонована автоматизована система моніторингу газоспоживання міста. Описана функціональна схема формування та накопичення бази вимірювань газоспоживання та метеофакторів. Запропонована структура БД для зберігання інформації з кроком накопичення година, доба, тиждень. На конкретному прикладі показано результати роботи даної автоматизованої системи моніторингу газоспоживання міста.

2. Постановка задачі

На основі статистичних даних вимірювання газоспоживання та архіву метеоданих міста необхідно запропонувати інформаційну технологію моніторингу газоспоживання міста.

Описати функціонування системи збору інформації з витратомірних комплексів «Флоутек» та архіву метеоданих.

Розробити структуру бази даних для збереження даних вимірювання з кроками накопичення година, доба, тиждень.

Запропонувати автоматизовану систему моніторингу газоспоживання міста та алгоритми статистичної обробки даних на основі запропонованої математичної моделі та з врахування метеофакторів.

3. Задачі моніторингу

Під *моніторингом* процесу газоспоживання міста розуміємо комплекс завдань вимірювання даних газоспоживання, формування БД, визначення статистичних характеристик. Це перш за все, визначення трендових компонент та залишкових компонент часових рядів газоспоживання, завдань поточного та довгострокового моніторингу та прогнозування. Проведення порівняльного аналізу реальних і прогнозованих значень процесу газоспоживання, здебільшого проаналізованих на річному інтервалі з кроками накопичення даних: тиждень, доба, година.

Під задачами моніторингу газоспоживання міста розуміємо таке:

1) поточний моніторинг (оперативний та короткостроковий):

– вимірювання поточних характеристик газоспоживання з інтервалом накопичення: година, доба, тиждень;

– вивід даних вимірювання газоспоживання та метеофакторів у вигляді наочних графіків. Наприклад, графіків газоспоживання, робочого тиску та середньої температури з кроком одна година та доба;

– відображення погодинних та добових графіків у вигляді суми адитивних компонент: тренду, квазігармонійних компонент і стохастичного залишку.

2) довгостроковий моніторинг:

- вимірювання поточних характеристик газоспоживання з інтервалом накопичення: тиждень, місяць, квартал, рік;
- вивід даних вимірювання газоспоживання та метеофакторів у вигляді наочних графіків. Наприклад графіків, добового газоспоживання та середньодобової температури;
- на основі математичної моделі провести аналіз та прогнозування витрат газу врахувавши прогнозовані значення температури повітря на наступну добу.

4. Адитивна модель газоспоживання міста

В результаті апіорного аналізу статистичних даних вимірювання газоспоживання міста (обласного центру) було визначено топологію споживачів газу та основних факторів, що впливають на динаміку газоспоживання на річному інтервалі спостереження [1, 2].

Загальною математичною моделлю вибрано векторний випадковий процес:

$$\Theta(\omega, t) = (\xi_1(\omega, t), \dots, \xi_n(\omega, t)), \quad t \in T, \quad \omega \notin \Omega$$

де $\xi_n(\omega, t)$ - вектор випадкових процесів пов'язаних з технологічними параметрами газоспоживання: об'єм спожитого газу, робочий тиск в газопроводі, температура повітря в місті, а також зміна топології споживачів.

Тобто стан системи газоспоживання у певний момент часу t характеризується багатьма випадковими величинами. Так як дані вимірювання у нас є дискретними, а зміна топології споживача відбувається на двох основних рівнях (наявність чи відсутність центрального опалення) то така математична модель буде відноситися до класу моделей з дискретними станами системи і дискретним часом.

На етапі попередньої статистичної обробки, запропоновано використання методу «Гусениці-SSA» [3]. Використання такого методу, по суті, є оберненою задачею: на основі аналізу часового ряду газоспоживання необхідно створити математичну модель, оскільки вона апіорно не задається.

В залежності від кроку накопичення статистичних даних газоспоживання буде мінятися і конкретна математична модель. Так, для подинного часового ряду газоспоживання будемо розглядати адитивну математичну модель:

$$v(\omega, t) = A_0(t) + \sum_{j=1}^k B_j(t) + \xi(\omega, t)$$

де, $A_0(t)$ – річний тренд; $B_j(t)$ – сума циклічних (квазігармонійних) компонент; $\xi(\omega, t)$ – стохастичний залишок.

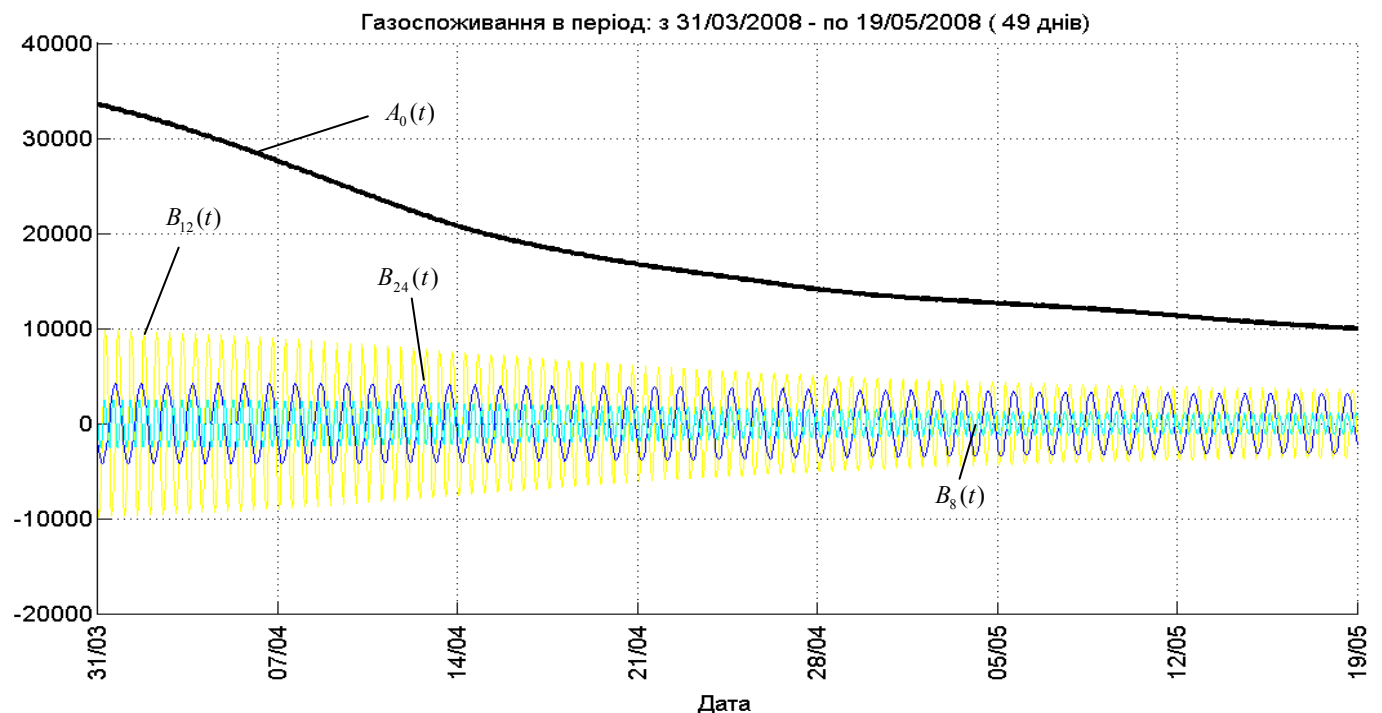


Рис. 1. Графічне зображення адитивних компонент часового ряду газоспоживання: $A_0(t)$ (тренд) та $B_8(t)$, $B_{12}(t)$, $B_{24}(t)$ (квазігармонійні) на інтервалі 5 тижнів у весняний період 2008 року

5. Функціональна схема формування бази вимірювань

Головним робочим параметром технологічного процесу газопостачання на газорозподільній станції є правильне встановлення робочого тиску в системі газопостачання міста. Дана величина напряму залежить від добового споживання газу, яке фактично потрібно передбачити залежно від метеофакторів міста, керуючись прогнозом погоди на наступну добу. Як було зазначено вище, найбільш суттєвим фактором,

що впливає на процес газоспоживання є температура повітря, вологість та сила вітру в місті.

В статті запропоновано об'єднати інформацію з геоінформаційних системи (ГІС) обліку газоспоживання та метеоінформацію для міста. Саме таке інформаційне забезпечення є основою розробленої і сформованої БД накопичення результатів вимірювань газоспоживання та метеоданих для міста. Функціональну схему формування БД метеоданих та даних вимірювання газоспоживання міста зображено на рис. 2.

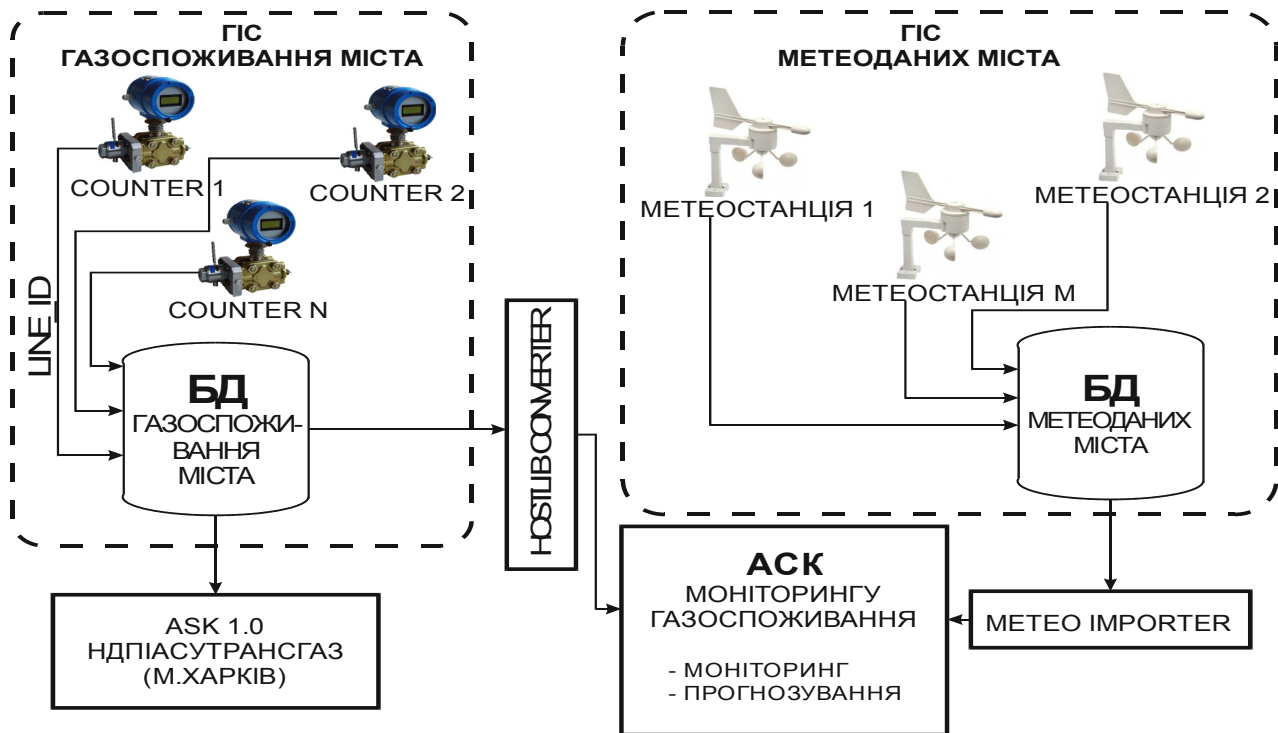


Рис. 2. Функціональна схема формування БД метеоданих та даних вимірювання газоспоживання міста

Таке поєднання інформації з двох ГІС для міста надалі забезпечить комплексний моніторинг та прогнозування газоспоживання щодо автоматизації виробничих потреб диспетчерської служби газопостачання.

6. Структурна схема БД

Вхідними даними для зчитування є двійкові файли з лічильника у промисловому форматі Hostlib для витратомірних комплексів «Флоутек». Для імпорту в БД двійкових даних формату HostLib було розроблено програмне забезпечення «HostLibConverter 1.0» [4]. А для імпорту метеоданих було розроблено програмне забезпечення «MeteoInfoSpaceRu Temperature Importer».

В результаті розробки інформаційної технології запропоновано БД, структура таблиць якої

дозволяє зберігати та формувати часові ряди для моніторингу, подальшого статистичного аналізу і прогнозування газоспоживання міста із врахуванням метеофакторів. Перелік основних таблиць та зв'язків БД представлено на рис. 3.

Спроектвана БД містить початкову (вхідну) інформацію про газоспоживання та метеофактори для міста, що розміщена в таблицях: T_GAZ_MINUTES, T_GAZ_HOURS, T_GAZ_DAYS, METEO_HOURS. Таблиці T_GAZ_SUM_HOURS та T_GAZ_SUM_DAYS є віртуальними таблицями, на основі попередніх, що відображають сумарну інформацію із усіх лічильників (COUNTER) для вказаної інформаційної лінії (LINE_ID). Результат побудови VIEW T_GAZ_SUM_DAYS можна отримати за допомогою наступного SQL-запиту:

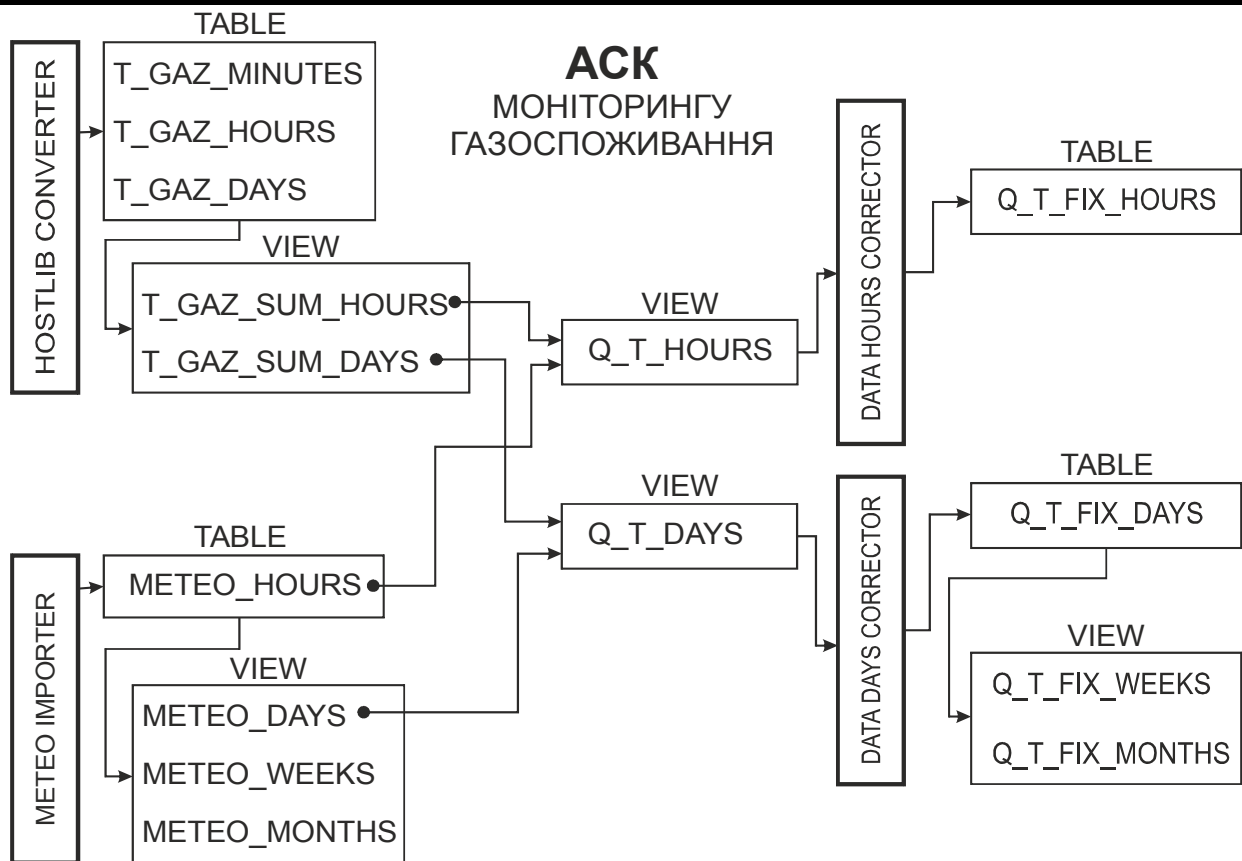


Рис. 3. Структурна схема БД та зв'язків між таблицями

```
CREATE VIEW `t_gaz_sum_days` AS select `t_gaz_days`.`TS`
AS `TS`,sum(`t_gaz_days`.`Q`) AS `Q`,`t_gaz_days`.`LINE_ID` AS `LINE_ID`
from `t_gaz_days` group by `t_gaz_days`.`TS`,`t_gaz_days`.`LINE_ID`
order by `t_gaz_days`.`TS`;
```

Аналогічно створено таблицю для суми годинних значень газоспоживання міста VIEW T_GAZ_SUM_HOURS.

Наступний етап побудови БД – усереднення температури в місті з годинних

(METEO_HOURS) для середньодобових та середньотижневих даних. Даний алгоритм реалізовано SQL-запитом, що представлений на наступному лістингу.

```
CREATE VIEW `meteo_days` AS select cast(`meteo_hours`.`Timestamp` as date)
AS `Date`,count(`meteo_hours`.`T`) AS `Count`,avg(`meteo_hours`.`T`) AS
`Tcep`
from `meteo_hours` group by cast(`meteo_hours`.`Timestamp` as date)
order by cast(`meteo_hours`.`Timestamp` as date);
```

Таким чином сформовано таблиці усередненої температури за добу, тиждень та місяць: METEO_DAYS, METEO_WEEKS, METEO_MONTHS.

Для проведення регресійного аналізу та короткострокового прогнозування газоспоживання було сформовано об'єднанні віртуальні таблиці Q_T_HOURS та Q_T_DAYS газоспоживання і температури з інтервалами накопичення година та доба.

Дані газоспоживання та середньої температури зберігаються у таблицях t_gaz_hours_te та

meteo_hours. Синхронне формування часового ряду реалізовано з допомогою інструкції left outer join. Інтервал спостереження вибірки вказується за допомогою інструкції BETWEEN.

Часові ряди з інтервалом дискретизації тиждень, місяць та рік формуються шляхом сумування первинної погодинної інформації. Наприклад щоб отримати добові дані газоспоживання сумуємо 24 години для кожної доби, а для формування тижневих даних, сумуємо 7 днів для кожного тижня із інтервалу спостереження.

7. Автоматизована система моніторингу газоспоживання

Логічним завершенням створення інформаційної технології є реалізація автоматизованої системи моніторингу та прогнозування газоспоживання міста. На шляху до побудови є три етапи (концепція Самарського «модель-алгоритм-програма»):

- побудова математичних моделей та методів;
- створення алгоритмів обробки статистичних даних вимірювань;
- реалізація програмного забезпечення на основі моделей та алгоритмів.

На сьогодні диспетчерською службою міста використовується програмний комплекс «ASK 1.0», розроблений НДПІАСУТРАНГАЗ (м. Харків), призначений для:

- зчитування даних із автоматичних обчислювачів (АО) витрати газу;
- формування бази даних визначеної структури (так званого Hostlib-формату);
- віддаленого введення в обчислювачі параметрів газу, атмосферного тиску, а також коректування часу;
- перегляду та аналізу отриманої інформації;
- формування, перегляду і друку (чи збереження у файлі) добових і місячних звітів визначеної форми.

Фактично даний програмний комплекс реалізовує геоінформаційну систему (ГІС) опитування автоматичних обчислювачів витрат газу для міста.

Найбільшим недоліком даної системи є відсутність аналізу даних вимірювання в поєднанні із метеофакторами. Тому процес аналізу та прийняття управлінського рішення щодо параметрів газопостачання є доволі рутинним та неавтоматизованим процесом. Тому було запропоновано автоматизовану систему моніторингу та прогнозування газоспоживання з врахуванням метеофакторів на основі адитивної математичної моделі.

На Рис. 4 представлено структурну схему автоматизованої системи моніторингу газоспоживання міста, що містить такі основні розділи:

- 1) моніторинг;
- 2) попередня обробка та корегування даних вимірювань;
- 3) статистична обробка даних вимірювань;
- 4) прогнозування газоспоживання;
- 5) діагностика аварійних станів.

Моніторинг передбачає побудову графіків робочих параметрів процесу газоспоживання, а

саме Q – об'єму спожитого газу (m^3), RBS – робочого тиску в системі трубопроводу (kg/cm^2), T – температуру повітря в місті ($^{\circ}C$). Моніторинг будемо поділяти на поточний та довгостроковий, котрі в свою чергу поділяються на оперативний, короткостроковий та тижневий, місячний, річний. Приклад добового моніторингу зображено на рис. 5. Завдання оператора, що контролює робочий тиск газу зберігати заданий диспетчером робочий тиск в газопарової в межах 5% він номінального значення.

Попередня обробка та корегування даних вимірювань передбачає два основних завдання. По-перше, це видалення заздалегідь неправильних значень результатів вимірювання в напівавтоматичному режимі, тобто система виводить «підозрілі» значення газоспоживання, а оператор приймає рішення щодо збереження чи видалення такої інформації.

По-друге, трапляються випадки, коли окремі вимірювачі виходять із ладу й передають неправильні заміри даних газоспоживання чи інших робочих параметрів газопроводу. Враховуючи це, важливо оператором в ручному режимі корегувати дані та вводити правильні показники. Для цього передбачено відповідні таблиці із внесеними корективами даних $Q_T_FIX_HOURS$ та $Q_T_FIX_DAYS$ для подинних і добових значень, що відображені на структурній схемі БД (рис. 3).

Статистична обробка даних вимірювань є основним розділом, що містить реалізацію математичних моделей та методів у вигляді конкретних алгоритмів інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста.

Цей розділ реалізовує наступні можливості: а) виділення трендів (методами EMD і «Гусениця-SSA»), а також квазігармонійних компонент та стохастичного залишку; оцінка математичного сподівання та дисперсії розсіювання для річних та квазігармонійних компонент; б) поділ часового ряду газоспоживання на сезонні ділянки (аналіз стохастичного залишку за змінною дисперсією [5], та аналіз температури, тобто знаходження дати ввімкнення і вимкнення центрального опалення міста); в) кореляційний аналіз (перевірка кореляційної залежності Q - T на кожній виділеній сезонній ділянці); г) регресійний аналіз (побудова лінії регресії для кожної сезонної ділянки). Зауважимо, що такі розрахунки здійснюються з двома кроками накопичення даних вимірювань: погодинні та добові дані газоспоживання та температури міста (рис. 6).

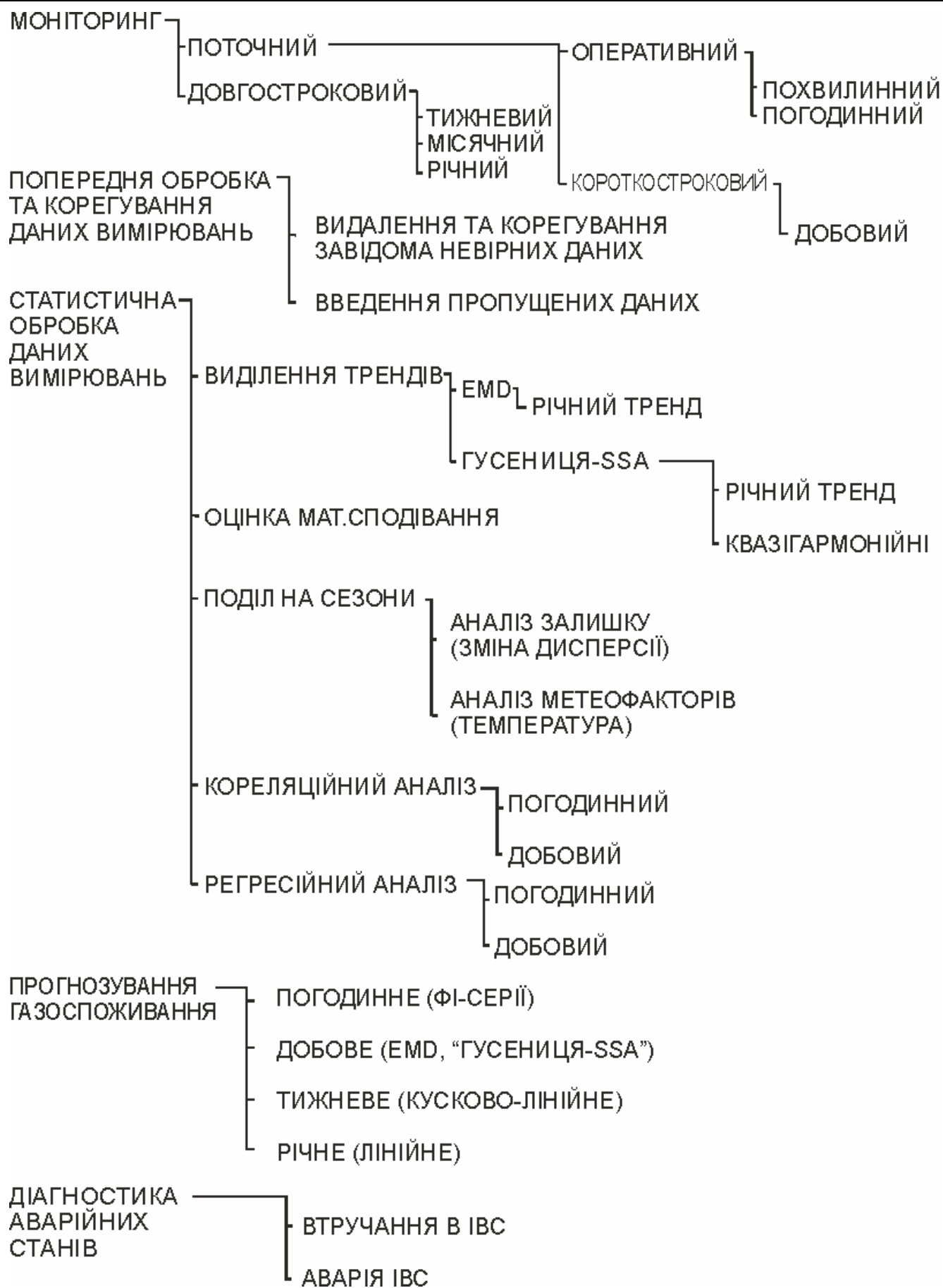


Рис. 4. Структурна схема автоматизованої системи моніторингу газоспоживання міста

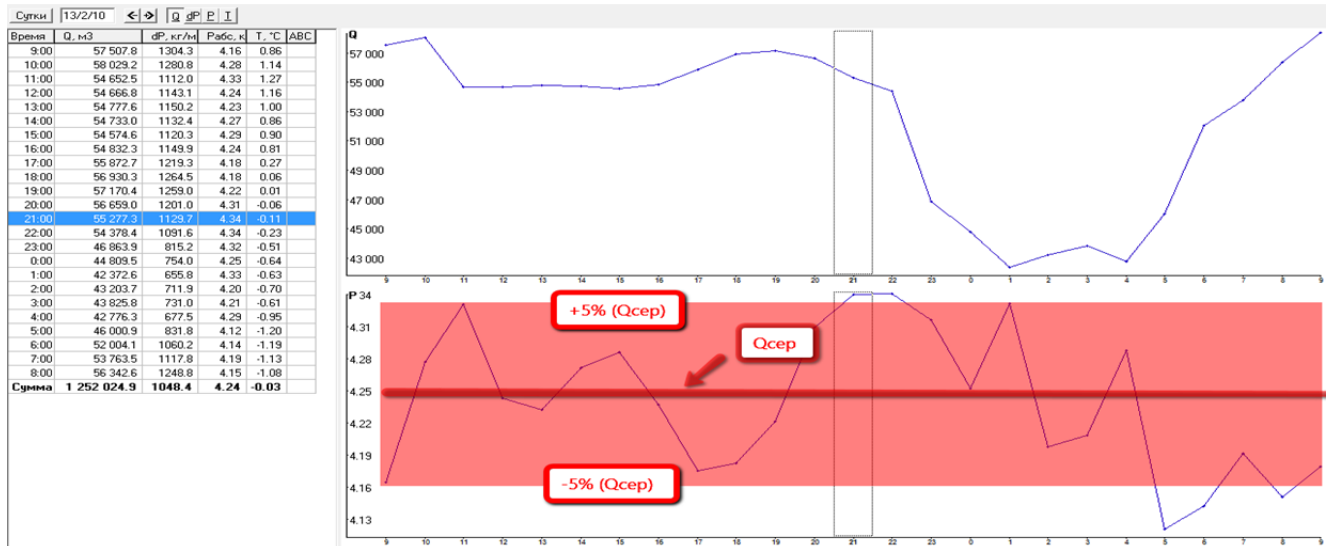


Рис. 5. Графік погодинного моніторингу Q і P упродовж доби

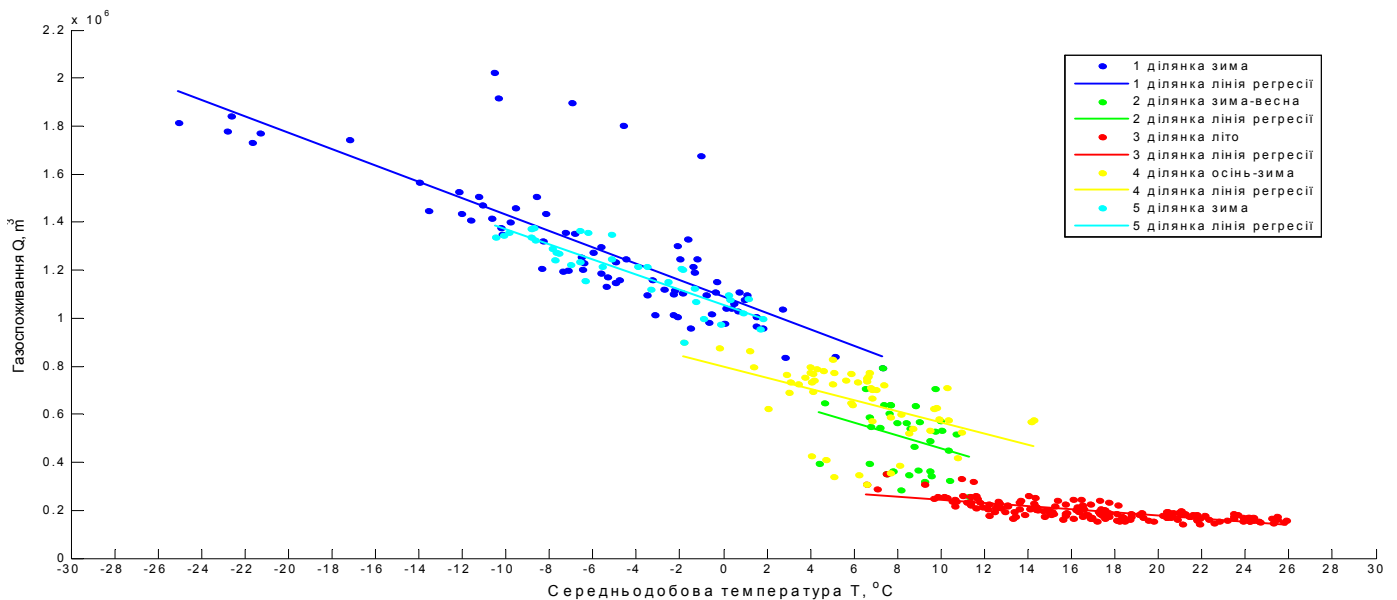


Рис. 6. Графік ліній регресії для п'яти сезонів часового ряду газоспоживання за 2010 рік

Прогнозування газоспоживання є важливим етапом реалізації моніторингу. Газоспоживання міста за попередню добу та прогнозоване значення очікуваної середньодобової температури в місті визначає об'єм газоспоживання на наступну добу. Що задає робочий тиск в газопроводі і безпосередньо впливає на швидкість подачі природного газу в місто. Неправильне встановлення технологічних параметрів подачі газу (а саме, робочого тиску в газопроводі) зумовлює аварійні ситуації, а також незаплановане вимкнення газу для окремих категорій споживачів. Розділ прогнозування газоспоживання містить реалізацію таких алгоритмів: прогнозування погодинного газоспоживання на найближчу добу, добове прогнозування на 3-5 днів, ти-

жневне прогнозування (кусково-лінійне) та річне (лінійне). Такі види прогнозу дають аналітичний матеріал диспетчерській службі та керівництву газопроводу для проведення оперативного, коротко- та довготривалого управління і стратегічного планування продовж наступних років.

Діагностика аварійних станів дає можливість переглянути показники даних за певне число та годину, отримані з деякими порушеннями, а саме: втручанням в автоматичні вимірювачі, несправністю вимірювачів, введенням значень вручну (робота з константами).

У форматі даних, що передаються з автоматичних лічильників передбачено три види аварій: А, В, С. Покази А сигналізують про виник-

нення аварійних ситуацій (несправність аналогового датчика, dP – нижче мінімального значення, напруга живлення менше допустимої, збій живлення, несправність в передачі даних). В – несанкціоноване втручання в пам'ять обчислювача.

С – робота з константами (ручне введення витрат газу, тиску та інших характеристик, що впливають на покази газоспоживання). Приклад діагностики аварійних станів зображено на рис.7.

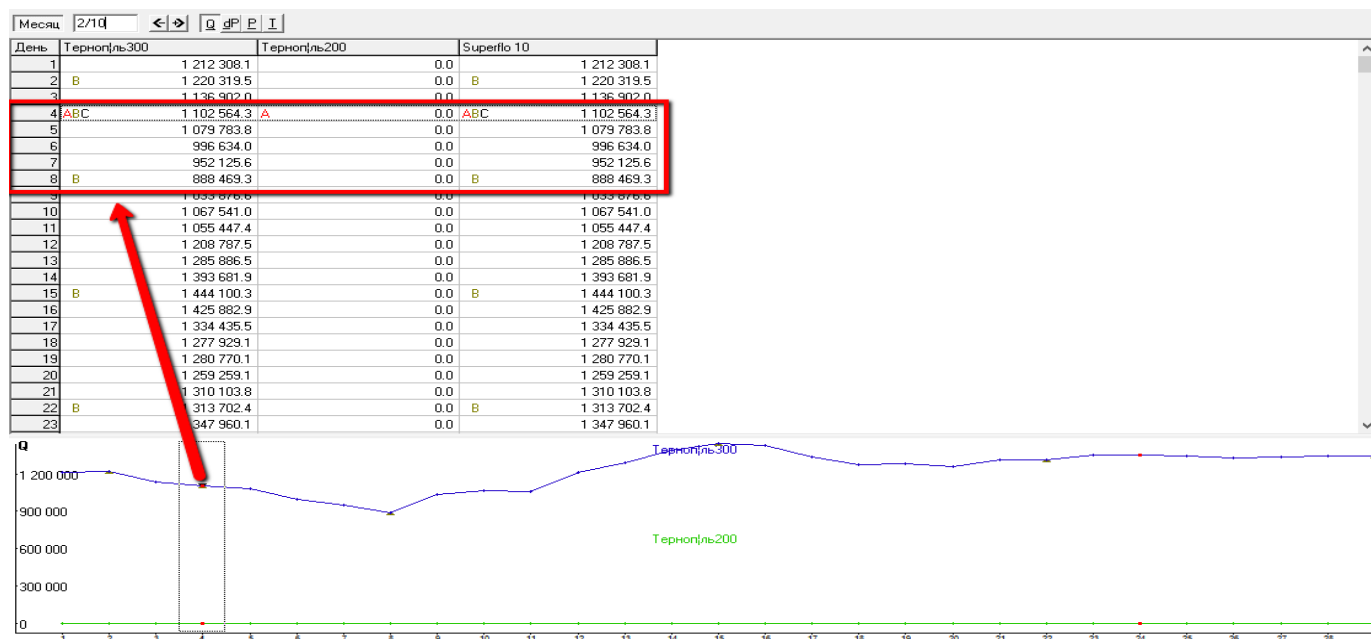


Рис. 7. Приклад діагностики аварійної ситуації на газопроводі

8. Висновки

У статті розв'язана актуальна науково-практична задача створення інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста на основі адитивної моделі та з врахуванням метеоданих з кроком накопичення даних година, доба, тиждень, місяць та рік.

Розроблена інформаційна технологія моніторингу газоспоживання міста на основі запропо-

нованої математичної моделі. Запропонована система моніторингу автоматизує функції і завдання виробничого й організаційного управління технологічних процесом постачання природного газу. На реальних статистичних даних вимірювання газоспоживання міста показано результати: моніторингу та статистичної обробки та прогнозування витрат газу на наступну добу, діагностика аварійних ситуацій за допомогою автоматизованої системи моніторингу газоспоживання міста (обласного центру).

Список літератури

- Назаревич О.Б. Виділення річного тренду як адитивної складової часового ряду газоспоживання / О.Б. Назаревич // Вісник ТНТУ (Математичне моделювання. Математика. Фізика). – 2011. – Т. 16, № 4. – С. 201-209.
- Назаревич О.Б. Статистичний аналіз динаміки газоспоживання міста / О.В. Мацюк, О.Б. Назаревич, Л.М. Щербак // Моделювання та інформаційні технології збірник наукових праць (інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України ім. Г.С. Пухова). – Київ, 2011. – № 61. – С. 37-45.
- Golyandina N.E. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques / Golyandina N.E., Nekrutkin V.V., and Zhigljavsky A.A. – Boca Raton: Chapman&Hall/CRC, 2000. – 305 p.
- Назаревич О. Комп'ютерна програма HostLibConverter 1.0 / О.В. Мацюк, Р.М. Лукавий, О.Б. Назаревич, Н.В. Пйонтко, Г.В. Шимчук // А.с. про реєстрацію авторського права на твір №40120 "Комп'ютерна програма HostLibConverter 1.0" [Текст]. – 2011.
- Brodsky B.E. A nonparametric method for the segmentation of the EEG / B.E. Brodsky, B.S. Darkhovsky, A.Ya. Kaplan, S.L. Shishkin // Computer Method and Programs in Biomedicine №60. – 1999. – P.93-106.