

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

Назаревич Олег Богданович



УДК 519.25:681.518.5

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ
МОНІТОРИНГУ ГАЗОСПОЖИВАННЯ МІСТА**

05.13.06 – Інформаційні технології

**АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Тернопіль – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор,
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки
Щербак Леонід Миколайович,
Національний авіаційний університет,
Інститут інформаційно-діагностичних систем,
професор кафедри інформаційно-вимірювальних систем.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки,
заслужений діяч науки і техніки України,
Баранов Георгій Леонідович,
Національний транспортний університет,
професор кафедри інформаційних систем і технологій

доктор технічних наук, професор,
Матвійчук Ярослав Миколайович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки
та електронної техніки,
професор кафедри телекомунікацій

Захист відбудеться “19” червня 2015 р. о 12 годині, на засіданні спеціалізованої вченої ради К58.052.06 в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя, 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, ауд. 79

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Автореферат розіслано “12” травня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



М.Є. Фриз

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Науково-технічні проблеми використання енергоносіїв в умовах економічної кризи на сьогодні набули особливої актуальності. Аналізуючи характеристики світового та вітчизняного розвитку енергетичного ринку, спостерігаємо постійне зростання споживання природного газу, який є одним із основних енергоресурсів планети. Тому питання економії та ефективного використання газу є як ніколи актуальним. Це знайшло своє відображення у значній кількості публікацій, де розглянуто результати досліджень науково-технічних проблем газоспоживання.

Зокрема, вагомий внесок в удосконалення методики розрахунку газоспоживання здійснили: Є.П. Пістун, М.П. Андріїшин, Ф.Д. Матіко. Питанням прогнозування витрат газу присвячені роботи: Д.Г. Бицадзе, М.В. Приймака, В.Е. Попадька, Н.В. Мулик, О.С. Тараєвського, А.Д. Тевяшева, Р.Н. Brown, J. Deferrari, S. Gil. Оперативне і перспективне планування висвітлено в роботі А.И. Гарляускаса, а питання контролю розподілу транспортування та діагностики аварійних ситуацій газоспоживання в роботах: Я.С. Марчука, С.В. Тижука, С.М. Тищика, О.М. Химко. Ефективне використання інформаційно-вимірювальних систем у диспетчерському управлінні досліджував В.С. Панкратов.

З аналізу опублікованих праць, присвячених проблемам газоспоживання, впливає таке: технічний стан та ефективність функціонування автоматизованих систем контролю (АСК) газотранспортних систем (ГТС) України є низькою. Це пов'язано з тим, що АСК було створено разом із основними потужностями ГТС у 70–80-х роках минулого століття, що не в повній мірі відповідає сучасним вимогам до інформаційних систем (ІС). Такий перебіг подій обумовлює проведення широкого кола досліджень і практичного використання їх результатів. Зокрема, в наявних на АСК недостатньо використовують сучасні інформаційні технології, які враховують динаміку процесу газоспоживання, стохастичну періодичність, топологію споживачів та метеофактори на тривалих інтервалах спостереження. Також у них відсутня єдина серверна база даних (а тим паче, сховище даних) газоспоживання та метеофакторів для міста в цілому, недостатньо розвинуті методи статистичного опрацювання даних вимірювання. З огляду на це, спостерігаємо, що короткотермінове прогнозування газоспоживання на наступну добу залежно від практично метеофакторів відсутнє.

Вищевказані недоліки зумовлені недостатнім розвитком автоматизації накопичення та опрацювання інформації під час проведення моніторингу газоспоживання на різних рівнях, що у свою чергу дало можливість сформулювати актуальне та важливе наукове завдання розробки інформаційної технології моніторингу газоспоживання обласного центру на прикладі міста Тернополя. Розроблена інформаційна технологія має враховувати складові наявної АСК — інформаційно-вимірювальні засоби (витратомірні комплекси), способи відбору, передачі та зберігання даних вимірювання. Окрім того, потрібно враховувати у моделі процесу газоспоживання стохастичність і періодичність добових коливань, річну сезонність та пов'язану з нею зміну топології споживачів, вплив метеофакторів.

Виходячи з цього, необхідно удосконалити наявні інформаційні системи контролю газоспоживання розробкою і впровадженням інформаційної технології моніторингу (створення баз даних вимірювання газоспоживання, моделей та методів опрацювання інформації, алгоритмів і програмних засобів) для ефективного управління і прийняття рішень процесу газоспоживання міста та побудови добового прогнозу газоспоживання з врахуванням метеофакторів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до наукових досліджень, які проводились у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя на замовлення Міністерства освіти і науки України у рамках науково-дослідної роботи (№ держ. реєстр. 0110U002262): «Інформаційно-обчислювальна система обліку, аналізу та прогнозу енергоносіїв у задачах підвищення ефективності енергозбереження» (особистий внесок здобувача – розроблена інформаційна технологія моніторингу газоспоживання міста).

Мета і задачі дослідження. Розробка інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста з метою підвищення ефективності аналізу та прогнозу витрат газу на річному інтервалі спостереження шляхом удосконалення моделей газоспоживання міста, обґрунтування нових методів обробки даних вимірювання на їх основі, створення комплексу алгоритмів, розробки сховища даних та програмного забезпечення.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити такі завдання:

1. На основі аналізу відомих автоматизованих систем обліку і контролю в системі газоспоживання міста обґрунтувати актуальність і важливість розробки інформаційної технології моніторингу газоспоживання, що враховує стохастичну періодичність.

2. Розробити математичну модель газоспоживання міста, яка б враховувала випадковий та циклічний характер його динаміки, а також сезонні режими роботи газотранспортної мережі міста.

3. Обґрунтувати метод виділення компонент розробленої математичної моделі газоспоживання.

4. Обґрунтувати метод розбиття річного інтервалу спостереження на підінтервали, що відповідають опалювальному, неопалювальному та перехідним режимам роботи газотранспортної системи міста.

5. Обґрунтувати метод побудови добового прогнозу газоспоживання з врахуванням середньодобової температури та режимів роботи газотранспортної системи.

6. На основі запропонованої математичної моделі розробити структуру сховища даних для зберігання результатів вимірювання обсягів споживання газу та низки метеофакторів, а також програмне забезпечення для обробки даних та моніторингу газоспоживання міста.

7. Розробити інформаційну технологію моніторингу газоспоживання міста на основі запропонованих моделей та методів, яка може бути використана для удосконалення наявної системи контролю та обліку газоспоживання міста.

Об'єкт досліджень – процес газоспоживання окремого населеного пункту на тривалих інтервалах спостереження.

Предмет дослідження – математична модель, статистичні методи обробки та прогнозу газоспоживання на тривалих інтервалах спостереження, моделі сховищ даних, інформаційні технології моніторингу газоспоживання міста в автоматизованих системах обліку і контролю.

Методи дослідження базуються на використанні методів теорії випадкових процесів для обґрунтування математичної моделі процесу газоспоживання міста; математичної статистики для статистичного опрацювання часових рядів даних вимірювання газоспоживання і отримання їхніх характеристик, регресійних методів для побудови добового прогнозу; діаграмної методики DFD (Data Flow Diagram) для моделювання потоків даних та діаграм розгортання, формування інтерфейсів між модулями на фізичному і програмному рівні; теорії алгоритмів та програмування для побудови інформаційної технології моніторингу в системах контролю та обліку газоспоживання міста.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше розроблено математичну модель газоспоживання міста на річному інтервалі спостереження як суму детермінованого тренду і кусково стохастично-періодичного процесу з періодом 24 год, яка на відміну від наявних враховує не лише добову циклічність та випадковий характер газоспоживання, а й річний тренд та особливості режимів роботи газотранспортної системи міста упродовж року, які обумовлені дією значної кількості факторів, зокрема, зміною топології споживачів, впливом метеофакторів та інше.

2. Отримано подальший розвиток застосування методу «Гусениця-SSA» для оцінки компонент розробленої математичної моделі, яка на відміну від наявних методів, дозволяє виділити компоненти моделі: детермінований тренд та кусково стохастично-періодичний процес.

3. Вперше на основі модифікованої статистики Колмогорова-Смірнова розроблено метод розбиття річного інтервалу спостереження на підінтервали, який на відміну від наявних проводився для залишкового стохастичного процесу, отриманого в результаті застосування методу «Гусениця-SSA». Це дало можливість врахувати сезонні режими роботи газотранспортної системи міста.

4. Удосконалено метод лінійного регресійного аналізу для прогнозу добового газоспоживання міста, що залежить від середньодобової температури навколишнього середовища, який на відміну від наявних враховує сезонні режими роботи газотранспортної системи міста, що дозволило оцінити точність та достовірність прогнозу на кожному із режимів.

Практичне значення одержаних результатів.

Отримані теоретичні результати мають наукове і практичне значення для задач моніторингу газоспоживання міста в системах обліку та контролю.

1. Побудовано інформаційну технологію для накопичення даних вимірювання шляхом створення та впровадження сховища даних для задач автоматичного накопичення, конвертації та зберігання даних обсягів споживання газу, метеоданих і результатів їхнього статистичного опрацювання, що сприяє підвищенню ефективності роботи операторів і диспетчерів систем обліку та контролю газоспоживання міста.

2. Розроблено інформаційну технологію для аналізу та прогнозу газоспоживання, що дає можливість оперативно отримувати результати обробки вимірювань із врахуванням ритмічності його реалізацій та режимів роботи газотранспортної системи, оцінювати їх інформативні характеристики, оптимально планувати подачу газу, здійснювати контроль динаміки витрат газу та вживати заходів щодо оптимізації режимів подання газу.

3. На базі запропонованих моделей та методів розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для розбиття річної реалізації на підінтервали, що відповідають опалювальному, неопалювальному та перехідним режимам газоспоживання. Це дає можливість проводити статистичне оцінювання газоспоживання та прогнозування добового споживання газу на річному інтервалі, що сприяє підвищенню ефективності оперативного управління та моніторингу режимів роботи газотранспортної мережі міста.

Розроблено інформаційну технологію, що реалізована в програмному пакеті «АСКметео плюс» та може бути використана для удосконалення сучасних АСК для автоматизації моніторингу, контролю та обліку газоспоживання з урахуванням особливостей різних режимів роботи газотранспортної системи та впливу метеофакторів.

Результати дисертації впроваджено в:

а) ТОВ «Тернопільське конструкторське бюро радіозв'язку «Стріла», де використання запропонованого пакета комп'ютерних програм уможливило пошук нештатних режимів обладнання дистанційного керування трансформаторними підстанціями, зменшило кількість аварійних відключень споживачів та підвищило надійність енергосистем електроспоживання.

б) Інформаційно-диспетчерському відділі м. Чортків ПАТ з газопостачання та газифікації «Тернопільгаз», де використання запропонованого пакета комп'ютерних програм підвищило ефективність управління газоспоживанням міста Чортків за рахунок прогнозування величини споживаного добового об'єму газу на основі метеорологічних даних середньодобової температури повітря в місті.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є результатом самостійних наукових досліджень, в яких викладено авторський підхід до побудови інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста. Основні твердження і результати наукового дослідження за темою дисертації автор отримав самостійно у процесі науково-дослідницької роботи. У друкованих працях, написаних у співавторстві, дисертанту належать: [1] – досліджено закон розподілу випадкової величини процесу газоспоживання міста й оцінено реалізацію випадкового процесу методом гістограмного аналізу, окрім того проведено апроксимацію законів розподілу випадкових величин кривими Пірсона [7]; [2] – обґрунтовано типову топологію споживачів газу в місті та вплив метеофакторів, що впливають на формування динаміки процесу газоспоживання міста на річному інтервалі спостереження. Проаналізовано отримані результати виділення річного тренду, гармонічних складових та стохастичного залишку як адитивних компонент часового ряду газоспоживання на річному інтервалі спостереження; [4] – проведено статистичний аналіз динаміки газоспоживання міста на річному інтервалі спостереження, обґрунтовано вплив основних факторів газоспоживання, розглянуто

топологію споживачів, висвітлено питання характеристик точності витратомірних комплексів, формування інформаційної системи збору та аналізу інформації, застосовано методи попереднього статистичного аналізу динаміки газоспоживання міста для обґрунтування математичних моделей окремих компонент.

Апробація результатів дисертації. Основні результати науково-дослідної роботи були висвітлені і обговорені на: науково-технічній конференції у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» (Тернопіль, 2010); XIV науковій конференції ТНТУ (Тернопіль, 2010); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 2010); Міжнародній науковій конференції студентів та молодих вчених «Theoretical and Applied Aspects of Cybernetics» (Київ, 2011); IX Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики» (Київ, 2011); I науково-технічній конференції факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії ТНТУ «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 2011); Всеукраїнській школі семінару молодих вчених і студентів «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: АСІТ-2011» (Київ, 2011); Міжнародній науково-технічній конференції «Системний аналіз та інформаційні технології: SAIT-2011» (Київ, 2011); II, III, IV науково-технічних конференціях «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 2012, 2013, 2014 рр.); щорічних науково-технічних конференціях молодих вчених та спеціалістів інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України імені Г.Є. Пухова (Київ, 2011, 2012, 2013 рр.); шостій Міжнародній науково-практичній конференції «Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси ПРТК-2013» (Київ, 2013).

Результати дисертації висвітлено й обговорено на наукових семінарах кафедри комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль); кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» (Львів); міжкафедральному семінарі кафедр комп'ютерних наук і комп'ютерних систем та мереж ТНТУ (Тернопіль); об'єднаного наукового семінару відділу теоретичної електротехніки (№ 12) Інституту електродинаміки НАН України і кафедри інформаційно-вимірювальних систем Національного авіаційного університету (Київ).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано в 22-ох публікаціях, 5 із них – статті в наукових фахових виданнях України (з них, 3 статті – одноосібні, 1 стаття – в журналі, що включений в міжнародну наукометричну базу даних «DOAJ – Directory of Open Access Journals»), 16 – тези доповідей науково-технічних конференцій та 1 – авторське свідоцтво.

Структура і обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 189 найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 160 сторінок, з яких основний зміст викладено на 117 сторінках, містить 43 рисунки, 3 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність науково-технічного завдання, що розв'язується в дисертації, сформульовано мету і завдання досліджень, визначено наукову новизну і практичну цінність наукових результатів. Вказано дані про зв'язок роботи з науковими програмами та планами НДР університету, де виконано роботу. Акцентовано на впровадженні отриманих результатів та особистий внесок здобувача в надрукованих роботах, висвітлено інформацію щодо апробації та публікації результатів дисертації.

У першому розділі розглянуто результати аналізу наукових праць за темою дисертації. Виявлено, що основними факторами, які впливають на динаміку газоспоживання міста на річному інтервалі спостереження є топологія споживачів газу, що змінюється залежно від сезону (опалювальний чи неопалювальний період), а також метеофактори (основним є середньодобова температура).

Аналіз огляду літературних джерел показав, що наявні математичні моделі газоспоживання не враховують сезонну зміну топології споживачів на річному інтервалі спостереження. Топологія споживачів газу розглянута на прикладі споживачів газу міста Тернополя, а саме: гаряче водопостачання, центральне опалення, індивідуальне опалення житлових будинків і т.п., що призводить до різних режимів роботи ГТС міста.

Проаналізовано наявні інформаційні системи обліку і контролю. Результати порівняльного аналізу діючих автоматизованих систем обліку і контролю: «GASOLINA», «ELSTER SODEK», «PSIControl», «ASK 1.0» запропоновані в дисертації (умовна назва «АСКметео плюс») розглянуто в таблиці 1.

Таблиця 1.

ЕТАПИ / НАЗВА		GASOLINA	ELSTER SODEK	PSIControl	ASK 1.0 (існуюча)	АСКметео плюс (нова)
ДЖЕРЕЛА ДАНИХ	ВИТРАТОМІРНІ КОМПЛЕКСИ ТА ЛІЧИЛЬНИКИ	+	+	+	+	+
	МЕТЕОДАНИ	-	-	-	-	+
ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ	ПРОВІДНЕ	-	+	+	+	+
	БЕЗПРОВІДНЕ	+	+	+	+	+
ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ	ЛОКАЛЬНЕ	-	+	-	+	+
	СЕРВЕРНЕ	+	+	+	-	+
ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ	ВИВІД ГРАФІКІВ, ЗВІТІВ	+	+	+	+	+
	ПРОГНОЗУВАННЯ	-	-	+	-	+
	ДІАГНОСТИКА АВАРІЙ	-	+	+	+	+

В результаті порівняльного аналізу сучасних інформаційних технологій газоспоживання, автор врахував використання методів, моделей, алгоритмічного і програмного забезпечення таких технологій в інших країнах ЄС і США.

Другий розділ присвячений побудові математичної моделі газоспоживання на річному інтервалі спостереження з урахуванням циклічного та випадкового характеру досліджуваного сигналу та режимів роботи газотранспортної системи міста.

На основі порівняльного аналізу наявних моделей газоспоживання запропоновано нову математичну модель, яка дає можливість враховувати не лише добову циклічність реалізацій, а й особливості роботи газотранспортної системи (ГТС) міста, що визначаються змінами її роботи в межах року. Загалом математична модель газоспоживання міста побудована як сума детермінованого тренду і кусково стохастично-періодичного процесу:

$$x(w, t) = a(t) + z(w, t), \quad t \in T, \quad w \in W, \quad (1)$$

де $a(t)$ – деяка детермінована функція (тренд, що враховує сезонність), $z(w, t)$ – кусково стохастично-періодичний процес, що відображає добову циклічність споживання газу.

Кусково стохастично-періодичний процес – це випадковий процес виду

$$z(w, t) = \sum_{k=1}^m z_k(w, t) \times I(t, T_k), \quad (2)$$

$$k = \overline{1, m}, \quad t \in T, \quad T_k \in T, \quad T_k \cap T_j = \emptyset, \quad k \neq j, \quad \bigcup_{k=1}^m T_k = T, \quad w \in W,$$

де $z_k(w, t)$, $k = \overline{1, m}$, $t \in T$, $w \in W$ – стохастично-періодичний процес; $I(t, T_k)$ – індикаторну функцію задають так: $I(t, T_k) = \begin{cases} 1, & t \in T_k \\ 0, & t \notin T_k \end{cases}$. Тобто кусково стохастично-періодичний процес поділений на декілька інтервалів, на кожному з них вважаємо його випадковим процесом з певними періодичними ймовірнісними характеристиками.

Зупинимося на етапах оцінювання компонент такої математичної моделі. Для дослідження використано погодинні дані газоспоживання міста Тернопіль за період 2008-2009 рр. Точність вимірювання даних визначаємо відповідними характеристиками витратомірного комплексу «Флоутек».

На першому етапі проведено попередню обробку статистичних даних. Отриману статистику погодинних даних обсягів газоспоживання міста Тернополя проаналізовано на предмет наявності аномальних відхилень та відсутності даних в силу певних технічних причин. На рис. 1 розглянуто графік реалізації процесу газоспоживання міста Тернополя з кроком накопичення одна доба на річному інтервалі за 2009 рік.

На другому етапі обґрунтовано вибір методу «Гусениця-SSA» для оцінювання компонент математичної моделі (1). Наявні дані погодинних обсягів споживання газу вважаємо реалізацією нестационарного випадкового процесу,

динаміка якого залежить від значної кількості випадкових факторів, зокрема: включення/виключення споживачів у випадкові моменти часу, випадкових значень рівня інтенсивності споживання газу кожним споживачем та низки метеофакторів, а також, температури навколишнього середовища та ін.

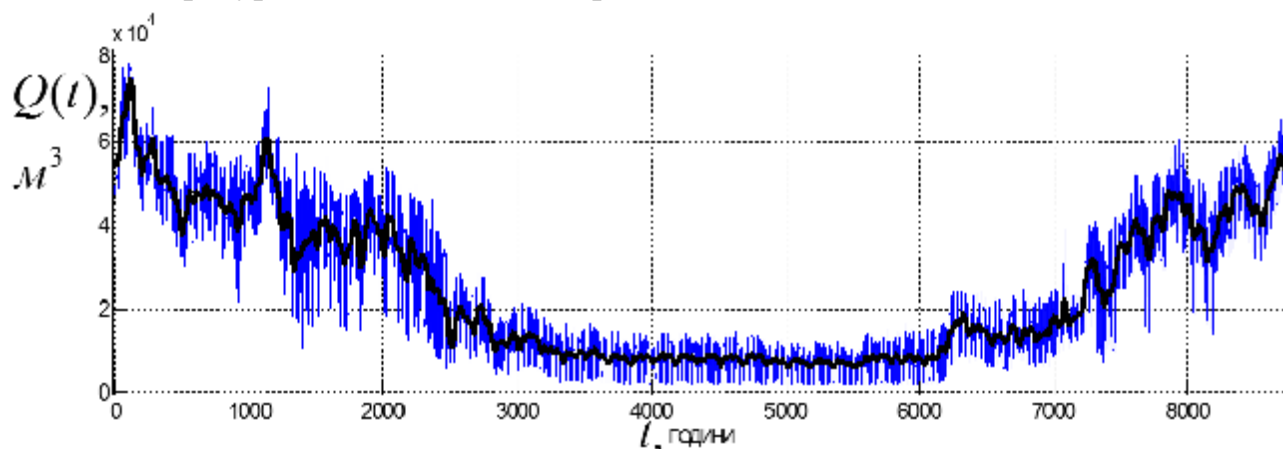


Рис. 1 – Графік реалізації процесу газоспоживання міста Тернополя з кроком накопичення одна доба на річному інтервалі за 2009 рік

Відомо, що для виділення тренду (зазвичай детермінована функція) нестационарних процесів використовують такі методи: групового урахування аргументів (МГУА); такі, що ґрунтуються на авторегресії з інтегрованим ковзним середнім (ARIMA); емпірична модова декомпозиція (EMD); аналізу головних компонент; аналіз сингулярного спектру («Гусениця-SSA») та інші.

У колективній праці Н.Е. Голяндіної, В.В. Некруткіна і А.А. Жиглявського¹ обґрунтовано переваги методу «Гусениця-SSA» в порівнянні з іншими методами опрацювання часових рядів:

- Розклад досліджуваного сигналу за базисом власних сингулярних векторів траєкторної матриці. Метод полягає у перетворенні одновимірного часового ряду в багатовимірний з подальшим застосуванням методу головних компонент до отриманого багатовимірного часового ряду.

- Можливість адаптації до задач дослідження. Цей метод можна адаптувати до кожної конкретної моделі сигналу, зокрема, до моделі газоспоживання (1) застосування «Гусениці-SSA» дає можливість оцінити основні компоненти моделі – тренд та кусково стохастично-періодичний процес, які мають фізичну інтерпретацію.

- Інтерактивність методу. Фактично «Гусениця-SSA» є потужним методом, який дає можливість опрацювати часові ряди в режимі діалогу «машина-дослідник» з можливістю вибору довжини ковзного вікна.

- Інформаційне забезпечення методу. Існує низка сертифікованих програмних продуктів (розроблених у середовищах Matlab, Octave, R-Project), що реалізують алгоритм методу «Гусениця-SSA».

¹ Golyandina N.E. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques / Golyandina N.E., Nekrutkin V.V., Zhigljavsky A.A. – Boca Raton: Chapman&Hall / CRC, 2000. – 305 p.

На третьому етапі часовий ряд газоспоживання $Q(t)$ задано на річному інтервалі, який розбиваємо на дві основні компоненти з використанням методу «Гусениця-SSA»:

$$Q(t) = A(t) + Z(t), \quad t \in \overline{1, 8760} \text{ год}, \quad (3)$$

де $A(t)$ – оцінка річного тренду, що характеризує споживання газу упродовж року. Його частка становить близько 95 % (2009 р.); $Z(t)$ – дискретний кусково-стохастично-періодичний процес, який визначаємо вилученням із досліджуваного часового ряду $Q(t)$ тренду $A(t)$. Вважаємо, що

$$Z(t) = \sum_{k=1}^m Z_k(t) \times I(t, T_k), \quad k \in \overline{1, m}, \quad T_k \in T, \quad t \in T, \quad T_k \in T_j = \mathbb{A}, \quad k \in 1, j, \quad \bigcup_{k=1}^m T_k = T, \quad (4)$$

де $Z_k(t), t \in T_k, k \in \overline{1, m}$ – реалізація стохастично-періодичного процесу $z_k(w, t)$.

Структуру і характеристику компонент $Z(t)$ визначаємо на наступних етапах.

Четвертий етап передбачає на основі аналізу результатів застосування методу «Гусениця-SSA», розглянути компоненту $Z(t)$ як:

$$Z(t) = B(t) + X(t), \quad (5)$$

де $B(t)$ – кусково-періодична функція:

$$B(t) = \sum_{k=1}^m B_k(t) \times I(t, T_k), \quad k \in \overline{1, m}, \quad t \in T, \quad T_k \in T_j = \mathbb{A}, \quad k \in 1, j, \quad \bigcup_{k=1}^m T_k = T,$$

$B_k(t)$ – детермінована періодична функція;

$X(t)$ – стохастичний залишок, який можна подати як кусково-стаціонарний процес:

$$X(t) = \sum_{k=1}^m X_k(t) \times I(t, T_k), \quad k \in \overline{1, m}, \quad t \in T, \quad T_k \in T_j = \mathbb{A}, \quad k \in 1, j, \quad \bigcup_{k=1}^m T_k = T,$$

де $X_k(t)$ – стаціонарний випадковий процес.

Щоби використовувати модель на практиці, необхідно запропонувати метод визначення меж інтервалів $T_k, k \in \overline{1, m}$.

На п'ятому етапі проведено розбиття річного інтервалу спостереження на підінтервали $T_k, k \in \overline{1, m}$. Межі інтервалів можна визначити як моменти розладки кусково-стаціонарного процесу. Пошук моментів розладки було проведено на основі стохастичного залишку $X(t)$ з використанням методу Бродського-Дарховського, що використовує модифіковану статистику Колмогорова-Смірнова:

$$Y(t) = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N X(l) - \frac{1}{N-t} \sum_{l=t+1}^N X(l), \quad t \in \overline{1, N} \text{ год}, \quad t \in T, \quad (6)$$

де $X(l) = X^2(l)$ – квадрат стохастичного залишку $X(l)$ для l -ої точки, виділеного на етапі статистичного опрацювання погодинного часового ряду газоспоживання методом «Гусениця-SSA»; $N = 8760$ год – довжина погодинного часового ряду газоспоживання на річному інтервалі спостереження; $0 < V < 1$ – параметр налаштування статистики (6) на реальні дані, що визначає чутливість хибного спрацювання під час пошуку моменту різкої зміни дисперсії стохастичного залишку $X(t)$. Щоби визначити параметр V для досліджуваного часового ряду процесу газоспоживання, було розроблено програмне забезпечення (мова програмування C), яке описано в дисертації. Вважаємо за доцільне вибирати значення параметра V у межах наступного інтервалу $V = 0.3-0.4$. Модифікована статистика $Y(t)$ реагує на моменти зміни дисперсії стохастичного залишку $X(t)$.

У результаті обробки даних газоспоживання міста Тернополя за 2009 р., часовий ряд було розбито на п'ять інтервалів, що відповідають різним режимам роботи газотранспортної системи міста:

- 1) перший – опалювальний режим 1, де $t \in [1, 2064]$ год (86 діб);
- 2) другий – перехідний режим зима-весна, де $t \in [2064, 2520]$ год (19 діб);
- 3) третій – неопалювальний режим, де $t \in [2520, 7008]$ год (187 доби);
- 4) четвертий – перехідний режим осінь-зима, де $t \in [7008, 8232]$ год (51 доба);
- 5) п'ятий – опалювальний режим 2, де $t \in [8185, 8760]$ год (22 доби).

У дисертації розглянуто результати перевірки стаціонарності стохастичних компонент $X_k(t)$ на вказаних інтервалах із використанням статистичних критеріїв Стюдента і Фішера. Також знайдені інтервали стаціонарності стохастичного залишку будуть використані для виділення решти компонент математичної моделі: $Q_k(t)$, $A_k(t)$, та $Z_k(t)$. Приклад реалізації $Z_2(t)$ процесу $z_2(w, t)$, що відповідає перехідному режиму «зима-весна» можна побачити на рис. 2.

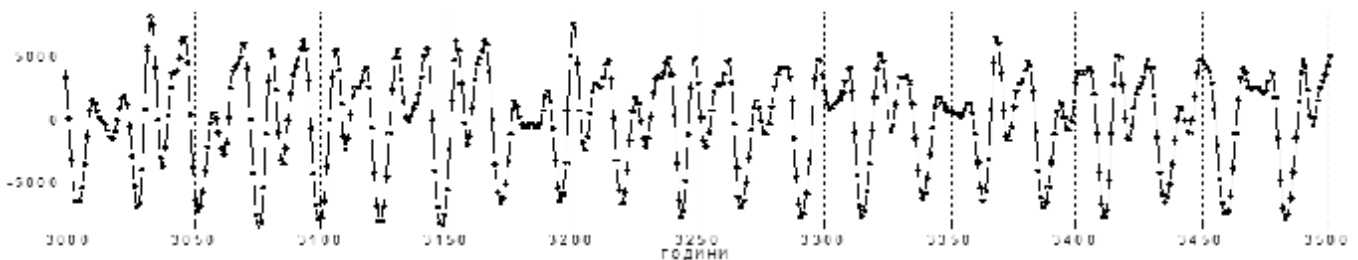


Рис. 2. Графіки реалізації $Z_2(t)$ стохастично-періодичного процесу $z_2(w, t)$ з періодом 24 год на інтервалі спостереження з 6 по 27 травня 2009 року

У роботі проведено гістограмний аналіз кожної з п'яти реалізацій стаціонарної послідовності $X_k(t)$, виділеної з стохастичного залишку $X(t)$, а також здійснено перевірку статистичної гіпотези H_0 про гауссівський закон розподілу стаціонарних компонент з різними значеннями його параметрів для кожного інтервалу. У результаті було підтверджено статистичну гіпотезу про нормальний закон розподілу за критеріями χ^2 -Пірсона та Колмогорова-Смірнова.

Шостий етап передбачав проведення апроксимації компонент $A_k(t)$ детермінованого тренду $A(t)$ лінійними функціями на кожному з виділених інтервалів. Так, використавши метод найменших квадратів для кожної ділянки $A_k(t)$ тренда $A(t)$, побудовано лінійну залежність значень газоспоживання:

$$A_k(t) = C_k + D_k t, \quad k = \overline{1,5}, \quad t \in T_k, \quad (7)$$

де C_k і D_k – відповідні коефіцієнти лінійної залежності, що були обчислені на основі реальних даних вимірювання газоспоживання.

Також розбиття часового інтервалу на підінтервали дало можливість проводити статистичний аналіз реалізацій компонент $Z_k(t)$ кусково стохастично-періодичної послідовності $Z(t)$ як стохастично-періодичних процесів на кожному з виділених інтервалів.

Отримані результати попередніх досліджень уможливають запис загальної моделі газоспоживання міста на річному інтервалі.

Сьомий етап, де враховано вказану загальну модель газоспоживання міста на річному інтервалі часу T , має такий вигляд:

$$x(w, t) = \sum_{k=1}^m (a_k(t) + z_k(w, t)) \times I(t, T_k), \quad k = \overline{1, m}, \quad t \in T, T_k \in T_j = \mathbb{E}, \quad k = 1 \dots j, \quad \bigcup_{k=1}^m T_k = T, \quad (8)$$

де $a_k(t) = c_k + d_k t$ – компоненти кусково лінійного детермінованого тренду $a(t)$; $z_k(w, t) = b_k(t) + x(w, t)$ – періодично-корельований випадковий процес із періодом 24 год, k -та компонента кусково стохастично-періодичного процесу $z(w, t)$; $b_k(t)$ – деяка детермінована функція; $x_k(w, t)$ – стаціонарний випадковий процес.

m – кількість інтервалів розбиття; $I(t, T_k)$ – індикаторна функція, яку задано так:

$$I(t, T_k) = \begin{cases} 1, & t \in T_k \\ 0, & t \notin T_k \end{cases} \quad (9)$$

У дисертації на основі побудованої математичної моделі розв'язано практичну задачу добового прогнозу споживання газу з врахуванням середньодобової температури міста. Розбиття річного часового ряду на підінтервали, що відповідають опалювальному, неопалювальному та перехідним режимам роботи газотранспортної системи міста, дало можливість побудувати метод прогнозу добового газоспоживання для кожного окремого інтервалу.

Залежно від середньодобової температури для добового прогнозу витрат газу запропоновано використати метод регресії. Перевірено гіпотезу про наявність регресії першого порядку, яка підтвердила лінійність зв'язку між газоспоживанням і температурою навколишнього повітря.

Позначимо $x(T^o)$ – добове газоспоживання, що загалом залежить від середньодобової температури міста, m^3 ; T^o – середньодобова температура міста, $^{\circ}C$. З огляду на це маємо наступне співвідношення:

$$x(T^o) = a - b T^o, \quad (10)$$

де a , b – невідомі коефіцієнти лінійної регресії (їх вимірюють в м^3 та $\frac{\text{м}^3}{^\circ\text{C}}$ відповідно), оцінки \hat{a} та \hat{b} , які обчислюються на основі спостережень добового газоспоживання та середньодобової температури, використовуючи метод найменших квадратів. b – коефіцієнт, що фактично відображає величину кореляційного зв'язку.

Для реального погодинного часового ряду газоспоживання міста Тернополя за 2009 рік було визначено коефіцієнти регресії. При заданій довірчій ймовірності 0,95 обраховано довірчі інтервали відповідних коефіцієнтів a та b .

$$\begin{aligned}
 (\text{ділянка 1}) \quad \hat{a} &= 1088200 \pm 54400, \quad \hat{b} = 34181 \pm 1705, \\
 (\text{ділянка 2}) \quad \hat{a} &= 1079800 \pm 63583, \quad \hat{b} = 61731 \pm 8184, \\
 (\text{ділянка 3}) \quad \hat{a} &= 279460 \pm 22592, \quad \hat{b} = 4523 \pm 1272, \\
 (\text{ділянка 4}) \quad \hat{a} &= 554030 \pm 124790, \quad \hat{b} = 73231 \pm 13020, \\
 (\text{ділянка 5}) \quad \hat{a} &= 1052600 \pm 20349, \quad \hat{b} = 28991 \pm 5467.
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Також було з'ясовано, що величини відхилень добового газоспоживання від лінії регресії ($x \hat{a} T^\circ - a + b x T^\circ$) є нормально розподіленими. Перевірку цієї гіпотези було здійснено за критерієм s^2 Пірсона, що обґрунтовує визначені довірчі інтервали для коефіцієнтів регресії.

Результат застосування регресійного методу добового прогнозу газоспоживання міста Тернополя для кожного з п'яти інтервалів, виділених на річному інтервалі спостереження (2009 рік) розглянуто на рис. 3.

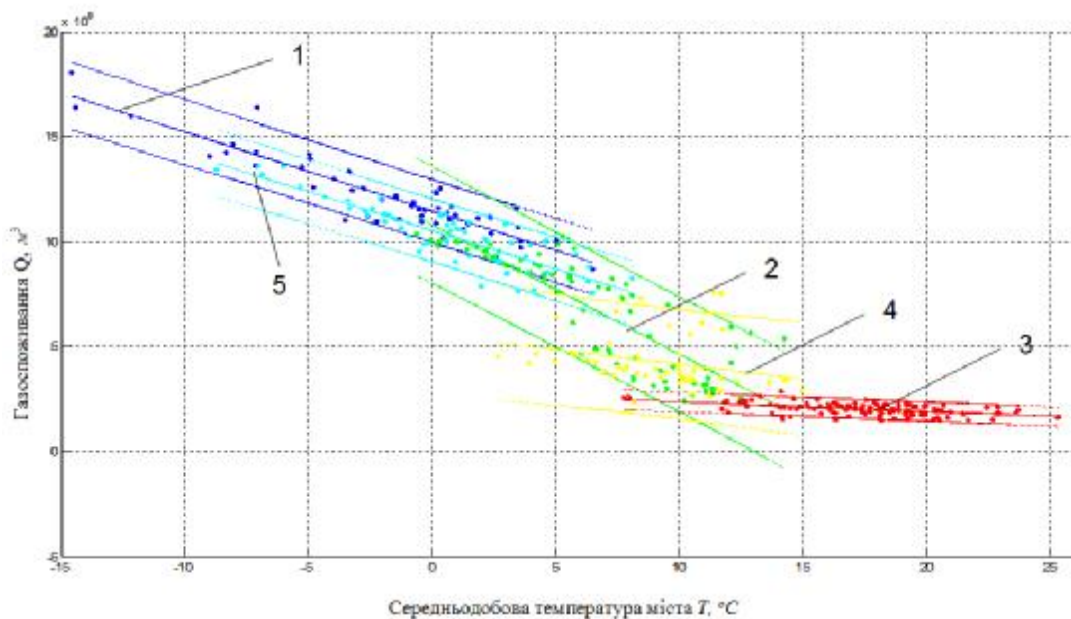


Рис. 3. Графіки добового прогнозу для п'яти виділених ділянок на основі лінійного регресійного аналізу за 2009 рік: 1 – опалювальний 1; 2 – зимово-весняний; 3 – неопалювальний; 4 – осінньо-зимовий та 5 – опалювальний 2.

Метод прогнозу газоспоживання реалізований для часового ряду інтегральних даних споживання газу за добу $Q(t)$ з урахуванням розбиття ряду на інтервали.

Лінія регресії на кожному з виділених інтервалів характеризується власним значенням кута нахилу, що обґрунтовано відмінностями впливу середньодобової температури на динаміку газоспоживання в опалювальний, неопалювальний та перехідні сезони. Особливістю перехідних періодів: зимово-весняного та осінньо-зимового (ділянки 2, 4) є велика дисперсія відхилень значень добового газоспоживання від лінії регресії, оскільки тут мають місце перехідні процеси, що відображають зміну топології споживачів (ввімкнення чи вимкнення центрального опалення міста протягом певного проміжку часу). У літній період кореляційний зв'язок між газоспоживанням і температурою майже відсутній, а дисперсія відхилень найменша. Опалювальні періоди характеризуються сильним від'ємним кореляційним зв'язком між добовим газоспоживанням та температурою навколишнього середовища.

Третій розділ дисертації присвячено розробці алгоритмічного та програмного забезпечення реалізації методів Бродського-Дарховського для розбиття річного часового ряду газоспоживання на ділянки зміни динаміки та методу лінійного регресійного аналізу, для побудови добового прогнозу газоспоживання міста Тернополя.

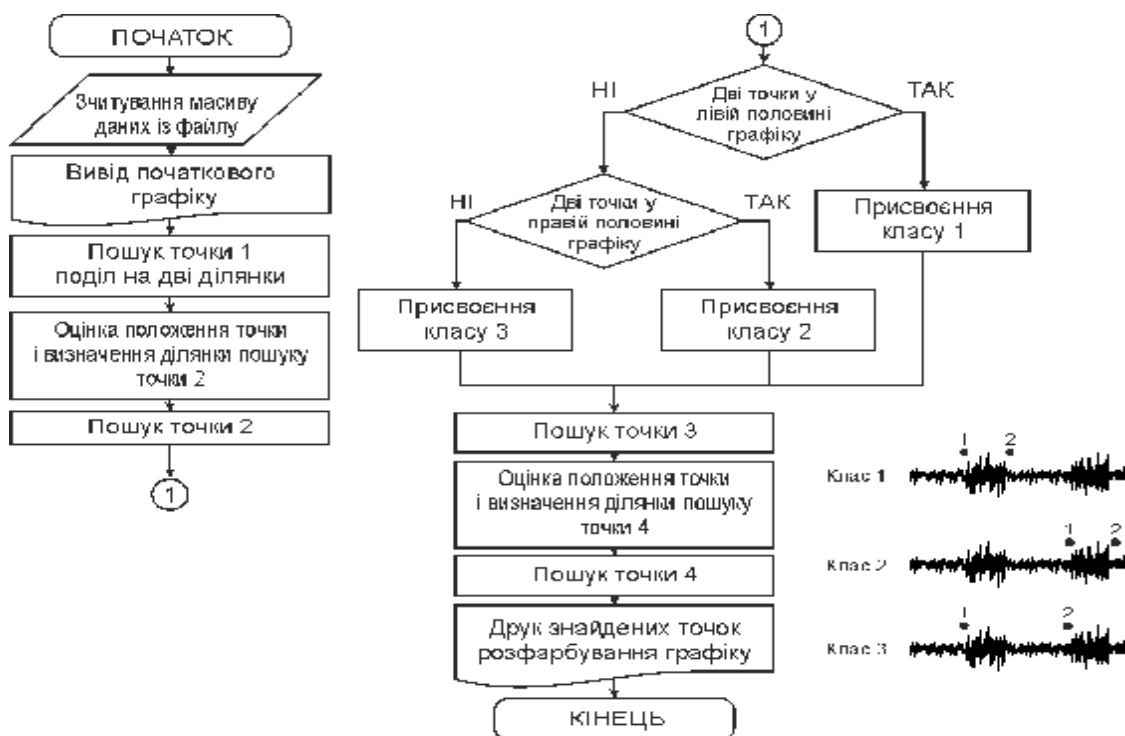


Рис. 5. Блок-схема алгоритму пошуку точок розладки для поділу на відповідне число ділянок річного часового ряду газоспоживання міста

У процесі розробки інформаційної технології було спроектовано та реалізовано в середовищі СКБД MySQL реляційну базу даних для накопичення та зберігання даних вимірювання процесу газоспоживання міста. Структура та взаємозв'язки між таблицями у БД детально розглянуто в цьому розділі дисертації.

На основі запропонованого методу пошуку часових моментів зміни динаміки – точок розладки динаміки процесу газоспоживання міста було запропоновано алгоритм роботи програми, блок-схему якої розглянуто на рис. 5.

Запропонований на рис. 5 алгоритм дав можливість розбити річний часовий ряд на п'ять ділянок зміни динаміки процесу газоспоживання міста Тернополя.

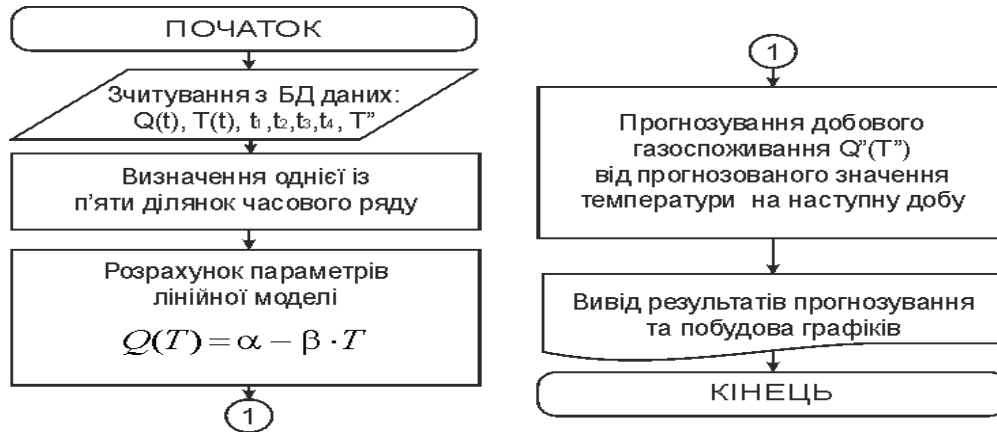


Рис. 6. Блок-схема алгоритму добового прогнозу газоспоживання міста

Згідно з блок-схеми (рис. 6) з БД отримуємо числові дані $Q(t)$ – добовий часовий ряд газоспоживання, $T(t)$ – середньодобова температура повітря в місті для заданого річного інтервалу; попередньо визначені t_1, t_2, t_3, t_4 – точки поділу на п'ять ділянок річного часового ряду; оператор вводить T' – прогнозне значення температури, і подальше прогнозування $Q'(T')$ – добового газоспоживання для міста на наступну добу.

Розглянута діаграма потоків даних (DFD-діаграма) відображає моделювання інформаційного процесу опрацювання даних вимірювання газоспоживання та метеофакторів на таких етапах: відбір, передача, зберігання та опрацювання для запропонованої інформаційної технології.

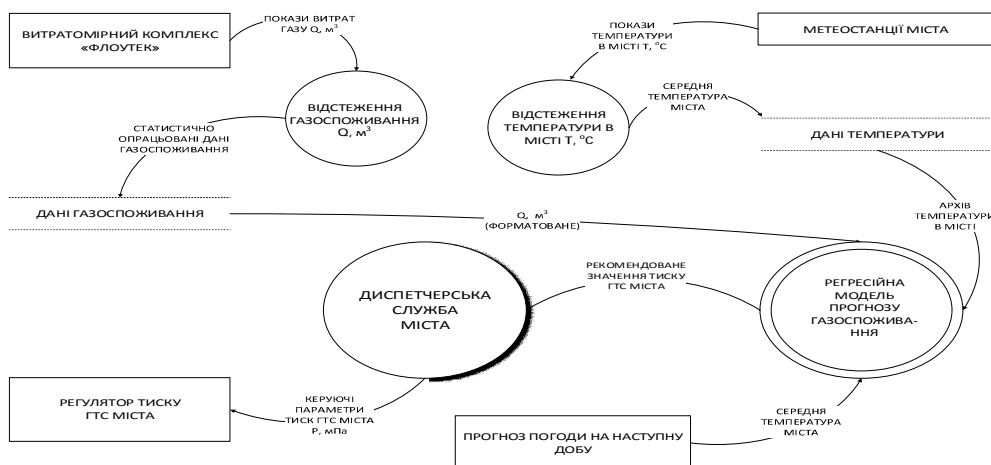


Рис. 7. DFD-діаграма потоків даних ІТ «АСКметео плюс»

Розглянута діаграма потоків даних (DFD-діаграма) відображає моделювання інформаційного процесу опрацювання даних вимірювання газоспоживання та

метофакторів на таких етапах: відбір, передача, зберігання та опрацювання для запропонованої інформаційної технології.

У четвертому розділі відображено етапи реалізації інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста. Обґрунтовано основні вимоги до технічного завдання створення інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста «АСКметео плюс» з урахуванням сучасних стандартів та нормативних документів при розробці автоматизованих систем.

Запропонована інформаційна технологія моніторингу дає можливість проводити вимірювання, передачу інформації метеоданих та газоспоживання міста та зберігання в БД «АСКметео плюс», здійснювати моніторинг і статистичний аналіз й прогнозування процесу добового газоспоживання міста з урахуванням метеофакторів.

Розроблена інформаційна технологія моніторингу «АСКметео плюс» дає можливість операторам у диспетчерській службі (рис. 8) проводити контроль нормального режиму роботи ГТС міста з урахуванням добового прогнозу. Впровадження розробленої інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста в наявну систему контролю, обліку, управління і прийняття рішень процесу газоспоживання міста дає можливість: накопичувати дані для стратегічного планування та здійснювати добовий прогноз.

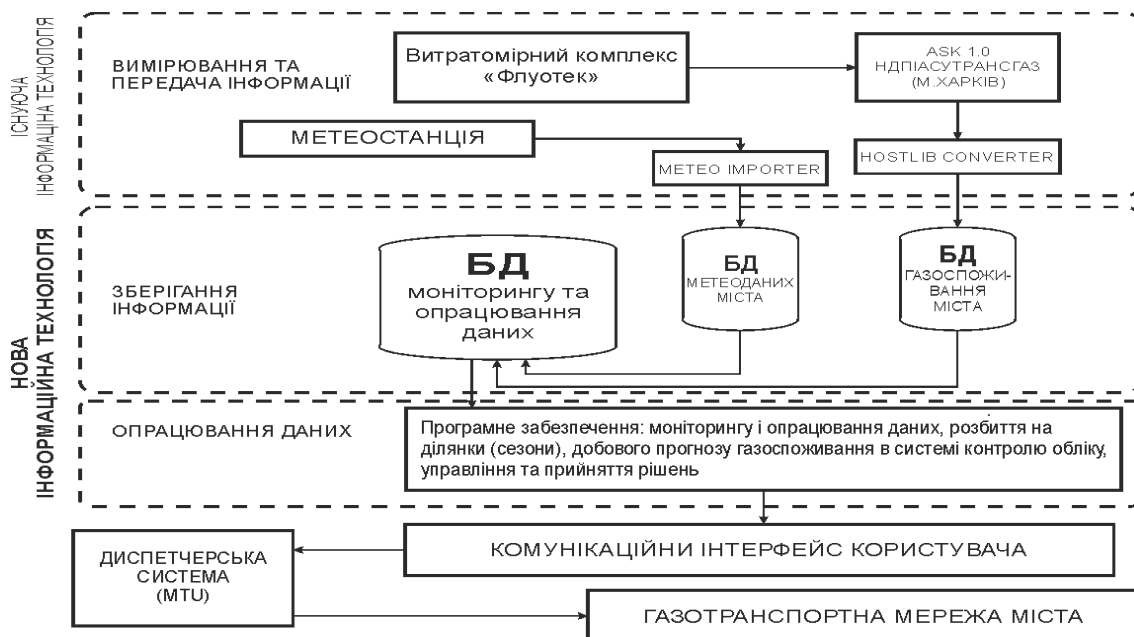


Рис. 8. Структурна схема інформаційної технології «АСКметео плюс»

Реалізацію модулів та взаємозв'язки між ними наочно розглянуто на діаграмі розгортання (рис. 9), з якої видно основні модулі інформаційної технології та фізичні та програмні протоколи обміну інформацією. Основними модулями запропонованої інформаційної технології є: інформаційно-вимірювальна система (ІВС) витратомірного комплексу «Флоутек», робоча станція ASK 1.0 з отриманими даними вимірювання, геоінформаційна система (ГІС) сервера метеостанції міста, сервер сховища даних, робоча станція «АСКметео плюс», з якою безпосередньо працює диспетчер для моніторингу динаміки газоспоживання міста. На фізичному

та програмному рівні модулі з'єднані через протоколи: RS-485 (фізичний рівень відбору результатів вимірювання), SMB, HTML, HTTP (протокольний рівень на базі Ethernet) та ITSQuery, SQL (програмний рівень обміну даними в БД).

Розроблену інформаційну технологію можна використовувати для інших міст, зокрема, районних і обласних центрів, а також окремих регіонів України.

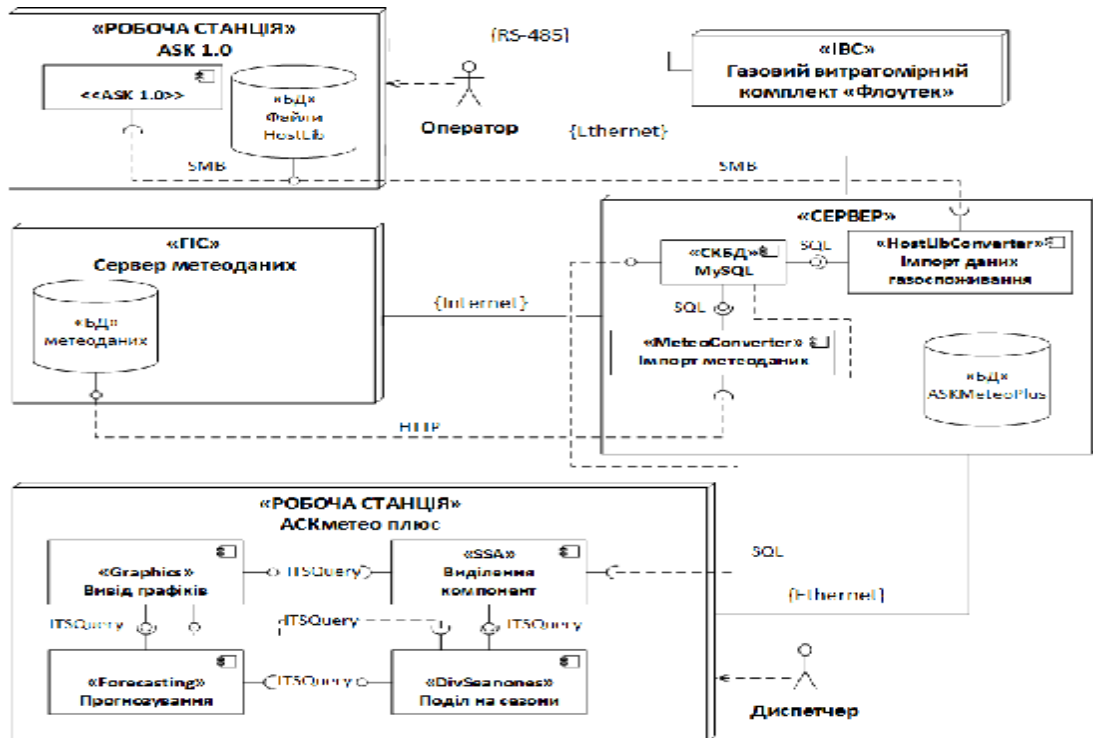


Рис. 9 Діаграма розгортання інформаційної технології «АСКметео плюс»

Перспективи розвитку досліджень інформаційного забезпечення моніторингу газоспоживання можна окреслити так: надалі накопичувати статистичні дані вимірювання процесу газоспоживання міста; накопичувати та об'єднувати дані газоспоживання окремих міст та сіл, областей та регіонів в єдину БД і побудувати геоінформаційний моніторинг всієї газотранспортної системи України; у випадку об'єднання в єдину БД на рівні регіону та України, актуальним буде використання високопродуктивних паралельних обчислень та ґрід-технологій для статистичного опрацювання даних вимірювання процесу газоспоживання.

ВИСНОВКИ

У дисертації розв'язано важливу науково-практичну задачу розробки інформаційної технології моніторингу газоспоживання та її впровадження в систему обліку та контролю з метою підвищення ефективності аналізу даних вимірювань, планування та прогнозування витрат газу з урахуванням режимів роботи газотранспортної системи міста упродовж року.

1. На основі аналізу наукових праць у дослідженні обґрунтовано актуальність і важливість науково-практичного завдання створення інформаційної технології моніторингу газоспоживання міста, що дозволило сформулювати основні вимоги до неї: врахування циклічної та випадкової природи газоспоживання, можливість

ефективного аналізу та прогнозу з врахуванням сезонних режимів роботи газотранспортної системи міста.

2. Розроблено адитивну математичну модель процесу газоспоживання міста, що є сумою детермінованого річного тренду (частка потужності вкладу 90-96 %) та кусково стохастично-періодичного процесу (4-10 %), яка дала можливість врахувати, циклічний характер газоспоживання та режими роботи газотранспортної системи міста упродовж року.

3. Запропоновано метод аналізу газоспоживання з використанням методу «Гусениця-SSA», що дало можливість виділити компоненти запропонованої математичної моделі та провести їх оцінку.

4. Застосувавши модифіковану статистику Колмогорова-Смірнова адаптовано метод розбиття річного інтервалу газоспоживання на підінтервали, що уможливило виділення п'яти основних ділянок, які відображають особливості роботи газотранспортної системи міста в опалювальний, неопалювальний та перехідні періоди.

5. Удосконалено метод лінійного регресійного аналізу для добового прогнозу газоспоживання, що дає можливість розраховувати прогнозні значення витрат газу протягом року залежно від того, який режим роботи газотранспортної системи міста. Проведено оцінку точності методу шляхом обчислення довірчих інтервалів для відповідних режимів роботи.

6. Запропоновано інформаційну технологію у вигляді відповідних UML-діаграм для проектування структури та реалізації сховища даних, що дає змогу накопичувати, зберігати та ефективно опрацьовувати дані вимірювань газоспоживання та метеофакторів шляхом статистичного аналізу та прогнозу.

7. Розроблено інформаційну технологію моніторингу газоспоживання шляхом впровадження запропонованих методів та їхньої реалізації в програмному пакеті «АСКметео плюс», що може бути використано для удосконалення наявної інформаційної системи обліку і контролю газоспоживання міста та підвищення ефективності її роботи та рівня автоматизації у декілька разів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Назаревич О. Дослідження особливостей енергоспоживання в умовах ритміки методом гістограмного аналізу / О.В. Мацюк, О.Б. Назаревич, М.В. Приймак, Г.В. Шимчук // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. Міжнародний науково-технічний журнал. – 2009. – №2. – С. 182-185.
2. 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.
3. Назаревич О.Б. Виділення трендових складових часового ряду газоспоживання методом «Гусениця-SSA» в українському національному ґриді / О.Б. Назаревич // Збірник наукових праць інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України ім. Г.Є. Пухова. – № 60. – Київ. – 2011. – С. 45-50.
4. 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.Є. Пухова). – Київ, 2011. – № 61. – С. 37-45.
5. Назаревич О.Б. Інформаційна технологія моніторингу газоспоживання міста на основі адитивної моделі та з врахуванням метеофакторів / О.Б. Назаревич // Вісник НТУУ

- «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: «Век+». – 2012. – №. 57. – С. 110-117 с.
6. Назаревич О.Б. 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.
 7. Назаревич О. Дослідження особливостей енергоспоживання в умовах ритміки методом гістограмного аналізу / М.В. Приймак, О.В. Мацюк, О.Б. Назаревич, Г.В. Шимчук // Міжнародна науково-технічна конференція «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» (присвячена 50-річчю заснування ТНТУ та 165- річчю з дня народження Івана Пулюя, 19-21 травня). – Тернопіль. – ТНТУ. – 2010. – С. 301-302.
 8. Назаревич О. Виділення сезонного тренду як адитивної складової часового ряду газоспоживання // XIV наукова конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (27 - 28 жовтня). – ТНТУ. – 2010. – С. 26-27.
 9. Назаревич О. Програмна реалізація задачі апроксимації законів розподілу кривими Пірсона / О.В. Мацюк, О.Б. Назаревич, Г.В. Шимчук // XIV наукова конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (27 – 28 жовтня). – Тернопіль:ТНТУ. – 2010. – С. 24.
 10. Назаревич О.Б. Аналіз динаміки газоспоживання регіону методом «Гусениця»-SSA та використання українського національного гріду // Актуальні задачі сучасних технологій: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (21-22 грудня). – Тернопіль: ТНТУ. – 2010. – С.93.
 11. Назаревич О.Б. Виділення трендових складових часового ряду газоспоживання методом гусениця-SSA в українському національному гріді // Щорічна науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів (12-13 січня). – К.:ІПМЕ. – 2011. – С. 113.
 12. Назаревич О.Б. Реалізація алгоритмів виділення трендових складових часових рядів газоспоживання в Українському національному гріді / І.В. Білова, О.Б. Назаревич, І.В. Стьопочкіна // Theoretical and Applied Aspects of Cybernetics. Proceeding of the International Scientific Conference of Students and Young Scientists (21-25 January) – Kyiv:Bukrek, 2011. – pp. 63-64.
 13. Назаревич О.Б. Реалізація «Гусениця»-SSA для паралельних систем зі спільною пам'яттю / І.В. Белова, О.Б. Назаревич // Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики: матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених ч. 1 (22 квітня). – К.: КПІ: Фізтех. – 2011 – С. 66-67
 14. Назаревич О.Б. Оцінка продуктивності реалізації методу Гусениця-SSA для паралельних систем з розподіленою пам'яттю / О.Б. Назаревич, І.В. Белова // Інформаційні моделі, системи та технології: матеріали і науково-технічної конференції факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії ТНТУ (20 травня). – Тернопіль:ТНТУ. – 2011. – С. 134-135.
 15. Назаревич О.Б. Реалізація Гусениця-SSA для паралельних систем з розподіленою пам'яттю / О.Б. Назаревич, І.В. Белова // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології АСІТ-2011: матеріали Всеукраїнської школи семінару молодих вчених і студентів (20-21 травня). – Тернопіль : ТНЕУ. – 2011. – С. 95-96.
 16. Назаревич О.Б. Моделювання задачі безпеки газоспоживання з використанням часових рядів. / А.М. Хнигічева, І.В. Белова, О.Б. Назаревич // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції SAIT-

- 2011 (23–28 травня) ННК «ПСА» НТУУ «КПІ». – К.: ННК «ПСА» НТУУ «КПІ», 2011. С. 170
17. Назаревич О.Б. Інформаційне забезпечення статистичного аналізу та обробки часових рядів газоспоживання / Назаревич О.Б., Мацюк О.В., Шимчук Г.В., Пйонтко Н.В. // Матеріали щорічної науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів, Київ, 11-12 січня 2012 р. / Інститут проблем моделювання в енергетиці імені Г.Є. Пухова – К.: 2012 – С. 30.
 18. Назаревич О.Б. Аналіз часових рядів газоспоживання міста методом емпіричної модової декомпозиції (EMD) / О. Назаревич, Г. Шимчук // Матеріали II науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль, 25 квітня 2012 р. / Тернопільський національний технічний університет – Т., 2012. – С. 8.
 19. Назаревич О.Б. Алгоритм аналізу даних газоспоживання міста. / Назаревич О.Б // Матеріали щорічної науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів, Київ, 9-10 січня 2013 р. / Інститут проблем моделювання в енергетиці імені Г.Є. Пухова – К.: 2013 – С. 113.
 20. Назаревич О.Б. Реалізація регресійного аналізу газоспоживання з використанням пакету Matlab / О. Назаревич, Н. Загородна, М. Фриз // Матеріали III науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль, 24 квітня 2013 р. / Тернопільський національний технічний університет – Т., 2013. – С. 22.
 21. Назаревич О.Б. Створення математичної моделі газоспоживання по даним вимірювань / Н.В. Загородна, О.Б. Назаревич, М.Є. Фриз, Л.М. Щербак // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси ПРТК-2013: шоста міжнародна науково-практична конференція, 27-29 травня 2013 р. – К.: НАУ, 2013. – С. 144-145.
 22. Назаревич О.Б. Особливості застосування регресійного аналізу в задачах прогнозу газоспоживання / О. Назаревич, Н. Загородна, М. Фриз // Матеріали IV науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль, 15-16 квітня 2014 р. / Тернопільський національний технічний університет – Т., 2014. – С. 8.

АНОТАЦІЇ

Назаревич О.Б. Інформаційна технологія моніторингу газоспоживання міста – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології (технічні науки). – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2015.

У дисертації розв’язано важливе науково-практичне завдання у галузі обліку та моніторингу газоспоживання міста та побудовано інформаційну технологію моніторингу в системах контролю, обліку, управління і прийняття рішень процесу газоспоживання міста.

Показано, що наявні інформаційні технології контролю, обліку, управління і прийняття рішень не відповідають сучасним вимогам та не враховують метеофакторів, топологію споживачів.

Розроблено адитивну математичну модель процесу газоспоживання міста, що подається як сума детермінованого тренду (частка потужності вкладу 90-96 %) та кусково стохастично-періодичного процесу (4-10 %), враховує циклічний характер реалізацій газоспоживання, вплив метеофакторів та визначає фізично обґрунтовані інтервали, що відповідають реальним режимам роботи газотранспортної системи в межах року.

Запропоновано новий спосіб розбиття на п’ять ділянок річного часового ряду газоспоживання із використанням адаптованого методу Бродського-Дарховського, який

дає можливість врахувати вплив факторів та топології на характеристику динаміки річного часового ряду газоспоживання міста.

Розвинуто метод добового прогнозу газоспоживання для кожної ділянки з використання лінійного регресійного аналізу.

Створена інформаційна технологія моніторингу газоспоживання запропонована для використання в автоматизованій системі контролю, обліку, управління і прийняття рішень газоспоживанням міста Тернополя.

Ключові слова: газоспоживання, моніторинг, гармонічні компоненти, циклічність, кусково-періодичний процес, «Гусениця-SSA», добовий прогноз, кореляційний аналіз, регресійний аналіз, газотранспортна система міста, топологія споживачів, метеофактори міста.

Назаревич О.Б. Информационная технология мониторинга газоснабжения города – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Информационные технологии (технические науки). – Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, Тернополь, 2015.

В диссертации решена важная научно-практическая задача в области учета и мониторинга газопотребления города. Базируясь на действующей информационной системе, предложена усовершенствованная информационная технология мониторинга с целью повышения эффективности анализа и прогноза в системах контроля учета газоснабжения города.

Показано, что существующие информационные технологии контроля учета, управления и принятия решений не отвечают современным требованиям и не учитывают метеофакторы, которые учтены в новой информационной технологии.

Впервые предложена математическая модель газоснабжения города на годовом интервале наблюдения. Которая являет собой аддитивную математическую модель процесса газоснабжения города, которая изображена с помощью суммы детерминированного тренда (процент мощности составляет 90-96 %) та кускового стохастически-периодического процесса (4-10 %), учитывает циклический характер реализации газоснабжения, влияние метеофакторов, которые отображают реальные режимы работы газотранспортной системы на протяжении года.

Получило последующее развитие использование метода «Гусеница-SSA» для оценки компонент предложенной математической модели. Впервые на основании модифицированной статистики Бродского-Дарховского разработан метод разбиения на интервалы которые характерны для различных режимах работы ГТС города. А также, усовершенствован метод суточного прогнозирования потребления газа в зависимости от прогнозируемого значения средней температуры в городе. Построена информационная технология позволяет собирать информацию по газоснабжению і метеофакторах для конкретного города в единое хранилище данных, что повышает эффективности работы оператором и диспетчеров службы газоснабжения города, лучшее планирование снижает риски возникновения аварийных ситуаций. Предложенная ИТ дает возможность оперативно получать результаты обработки и прогноза газоснабжения с учетом ритмичности і стохастического характера процесса газоснабжения.

Предложен новый способ разбиения на пять участков годового временного ряда газопотребления с использованием адаптированного метода Бродского-Дарховського.

Развит метод суточного прогноза газопотребления для каждого участка по использованию линейного регрессионного анализа.

На основе предложенной модели процесса газопотребления, алгоритмического и программного обеспечения статистической обработки данных измерений и баз данных создана новая информационная технология мониторинга газопотребления города, учитывающий метеофакторы, топологию потребителей и дает возможность проводить как оперативный и долгосрочный прогноз газопотребления города. Создана информационная технология мониторинга газопотребления предложена для использования в автоматизированной системе контроля учета, управления и принятия решений газопотребления Тернополя.

Ключевые слова: газопотребления, мониторинг, гармонические компоненты, цикличность, кусочно-периодический процесс, «Гусеница-SSA», суточный прогноз, корреляционный анализ, регрессионный анализ, газотранспортная система города, топология потребителей, метеофакторы города.

NAZAREVYCH O.B.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR MONITORING OF CITY GAS CONSUMPTION – manuscript

Dissertation for the degree of Ph.D. in technical sciences, specialty 05.13.06 – Information technology (technical sciences). – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, 2015.

In this dissertation the author solved an important scientific and practical tasks in the field of accounting and monitoring of city gas consumption and built an information monitoring technology in systems of control accounting, management and decision-making of city gas consumption.

Developed additive mathematical model of gas consumption in the city, served as the sum of a deterministic trend (percentage contribution of 90-96 % of capacity) and piecewise periodic stochastic process (4-10 %), taking into account the cyclical nature implementations gas consumption, the impact meteorological factors and determines physically reasonable intervals, corresponding real gas transport system within a year.

Based on the proposed model of gas consumption, algorithmic and software statistical processing of measured data and data bases, a new information technology monitoring of gas consumption was created. It takes into account meteorological factors, topology and enables customers to conduct both operational and long-term prognosis of gas consumption.

Created an information technology monitoring of gas consumption offered for the use in the automated control system of accounting, management and decision-making in gas consumption of Ternopil.

Keywords: gas consumption, monitoring, harmonic components, cyclicity, piecewise periodic process, "Caterpillar-SSA", daily forecast, correlation analysis, regression analysis, gas transportation system of the city, consumer topology, meteorological factors of a city.

Формат 60´90 Папір ксероксний.
Обл. вид. арк. 0,9
Наклад 100 прим. Зам. № 2511

Видавництво Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя

вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001
E-mail: vydavnytstvo@tu.edu.te.ua