

# КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

УДК 621.634.622.32:658.564

## СТРУКТУРА І АЛГОРИТМ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ І МІСЦЯ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ВИТІКАННЯ НАФТИ З НАФТОПРОВОДУ

*Г.Н. Семенцов, О.В. Кучмистенко**ІФДТУНГ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019,  
тел. (03422) 4-60-67, e-mail: public@ifdtung.if.ua*

*Рассматривается структура системы контроля с нечеткой логикой, которая разработана для автоматического определения места и времени несанкционированного отбора нефти с нефтепровода*

*The structure of the monitoring system with fuzzy logic which is considered is developed for automatic definition of a place and time of the non-authorized selection of petroleum from an oil pipeline*

Складний економічний стан України породив таке явище, як розкрадання нафти з нафтопроводів. Несанкціонований відбір нафти з нафтопроводу наносить економічні збитки нафтоперекачувальній галузі, зриває поставки нафти до споживачів, підриває престиж галузі, а в разі витіканні нафти з трубопроводу призводить до екологічних забруднень навколишнього середовища. Оскільки на рік в Україні реєструється близько двохсот випадків несанкціонованого відбору нафти з нафтопроводів, то гостро постає питання автоматизованого контролю і виявлення на ранніх етапах часу і місця несанкціонованого витікання (відбору) нафти з нафтопроводу [1].

Автоматизований контроль та прийняття рішень при управлінні складним об'єктом, зокрема визначення часу і місця несанкціонованого витікання або відбору нафти в процесі експлуатації нафтопроводу на різних режимах перекачування, пов'язаний з прийняттям рішення в умовах невизначеності, нестационарності і нелінійності змін основних характеристик процесу перекачування нафти – тиску і витрати. Найважливішими питаннями підвищення якості контролю визначення часу і місця несанкціонованого витікання (відбору) є постійний моніторинг стану нафтопроводів на рахунок несанкціонованого витікання (відбору), а також, у разі його виникнення, скорочення часу на виявлення і прийняття рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [2,3], в яких започатковано розв'язання даної проблеми, довів, що питання раннього визначення місця і часу несанкціонованого витікання або відбору нафти з нафтопроводу в автоматичному режимі залишалось маловивченим і недостатньо розробленим, оскільки має місце нечіткість, зумовлена ймовірністю, невизначеністю часу і місця та характеристиками змінних тисків і витрат. Використання відомих методів, що базуються на детермінованих моделях, не дає змоги ефективно здійснювати контроль своєчасного виявлення витікань (відборів) з нафтопроводів, оскільки визначення таких випадків відбувається за неоднакових умов протікання цих ускладнень і без урахування зміни режимів роботи нафтопроводів.

У той же час, як свідчить практика, поточний контроль та розпізнавання часу і місця несанкціонованого витікання (відбору) нафти з нафтопроводу, незважаючи на невизначеність і складність цього процесу, досить ефективно здійснює диспетчер з транспорту нафти, використовуючи свій досвід, інтуїцію і професійні навички [4,5,6].

З урахуванням особливостей процесу транспортування нафти по нафтопроводах і необхідністю контролю та своєчасного визначення місця і часу несанкціонованого витікання актуальним питанням є розробка системи автоматизованого контролю несанкціонованих ви-



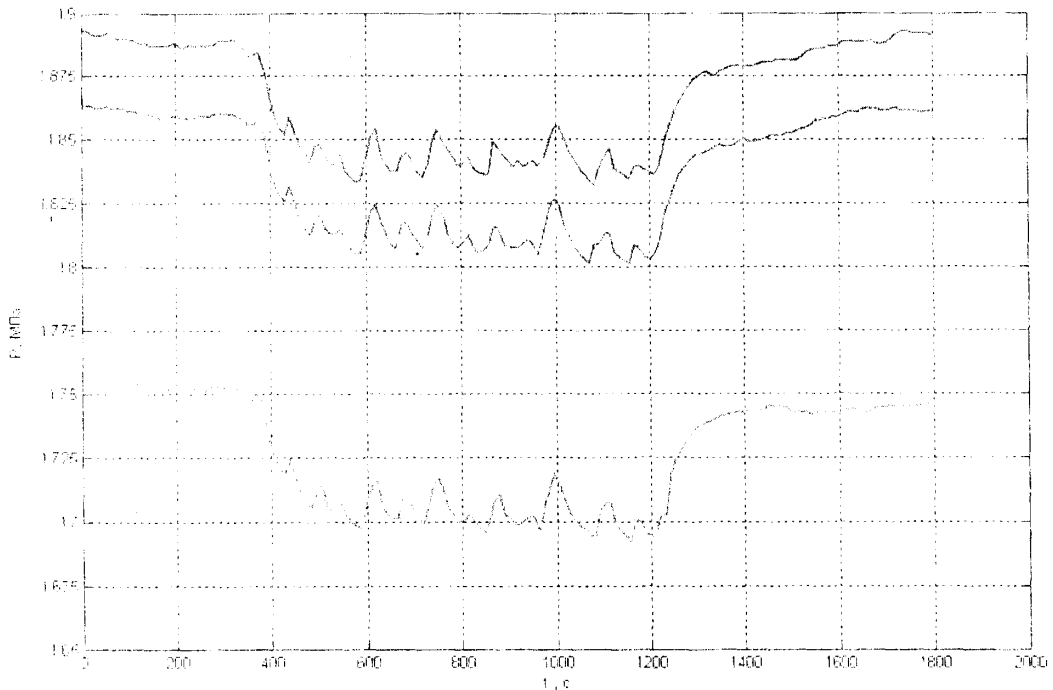


Рисунок 1- Діаграма тисків, отримана при несанкціонованому відборі нафти з нафтопроводу

тіканих (відборів) нафти з нафтопроводів з використанням основних положень теорії нечітких множин і нечіткої логіки [2], що дасть можливість виявляти такі ускладнення на початковій стадії розвитку аварії.

Тому метою даної роботи є розробка структури і алгоритму системи контролю з нечіткою логікою для автоматизованого визначення часу і несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу.

Під час витікання нафти з нафтопроводу відбувається зниження тисків на лінійних контрольних пунктах (КП) телемеханіки, причому це зниження буде тим стрімкішим, чим більший отвір у місці витікання. На рис. 1. зображено діаграму тисків, одержаних з лінійних КП телемеханіки під час відбору нафти з нафтопроводу. Були використані такі прилади:

- давач тиску з токовим виходом (4-20 мА) Fisher-Rosemount 3051T з класом точності 0,25;
- система збору, обробки і передачі даних, побудована на програмованих контролерах Modicon TSX Quantum;
- лінія зв'язку від давача до контролера КП телемеханіки довжиною менше ніж 10 м;
- лінія зв'язку від контролера КП телемеханіки до блока обробки і відображення інформації автоматизованої системи у диспетчерській – 400 км;
- комп'ютер Р-III з частотою 600 МГц і операційною системою Windows NT.

Основним заданням диспетчера, або автоматизованої системи контролю, у цьому випадку є встановлення факту витікання нафти, часу

і за допомогою математичних розрахунків місця витікання на нафтопроводі.

Існують три найбільш поширені методи виявлення витікань (відборів) нафти з нафтопроводу:

- неавтоматизований;
- автоматизований;
- спеціальна труба виявлення вуглеводню.

Неавтоматизований метод полягає в тому, що для виявлення витікань (відборів) і для запобігання забрудненню території навколишнього середовища використовуються люди, які здійснюють контроль за станом трубопроводу за допомогою засобів телемеханіки з диспетчерського пункту або безпосередньо, виконуючи патрулювання зони проходження трубопроводу. На автомобілі, пішки, з вертольота можливо виявити і навіть малі витікання. Це первинний метод виявлення витікань на більшості трубопроводів. У США, наприклад, візуальний контроль за трубопроводом згідно з приписами необхідно проводити 26 разів на рік з інтервалом часу не менше ніж 3 тижня. Виявлення витікань оператором чи людиною, що здійснює патрулювання, є недосконалим, оскільки залежить від уважності останнього.

Автоматизований метод полягає в тому, що виявлення часу і місця витікання здійснюється за допомогою автоматизованої системи контролю, яка математичними методами на основі даних, одержаних із системи збору даних телемеханіки без втручання людини видає результат контролю. Як правило, такі автомати-



зовані системи побудовані на принципі контролю таких параметрів:

- від'ємна хвиля тисків;
- зміна тисків;
- зміна різниці кількості транспортованої нафти за допомогою ЕОМ (зміна витрати по трубопроводу);
- аналіз моделі гідродинамічного стану трубопроводу, що працює в реальному часі.

Використання автоматизованих систем контролю за витіканням (відбором) на трубопроводах є найбільш перспективним, оскільки засобами автоматики можливо оброблювати більшу кількість інформації в короткий термін незалежно від часу і людського чинника. Та все ж автоматизовані системи контролю мають недоліки, що викликані змінним характером режиму перекачування, малою вірогідністю гарантованого визначення події за малих витікань.

Визначення місця витікання за допомогою труби виявлення вуглеводню потребує прокладання спеціальних труб або кабелів вздовж трубопроводу, котрі вказують на присутність вуглеводню.

Недоліком цієї системи є: висока вартість через значну довжину кабеля; у випадку підземного трубопроводу труднощі з прокладанням, можливість отримання хибного сигналу у разі появи вуглеводню із зовнішнього джерела; труднощі під час визначення місця.

Система автоматизованого контролю витікань, що використовується на нафтопроводах, розрахована для роботи на ділянці трубопроводу довжиною близько 300 км. Вздовж трубопроводу для збору інформації про технологічні параметри і управління засувками розташовані лінійні контрольні пункти телемеханіки (КП). Первинні контрольні-вимірювальні прилади (КП) системи виявлення витікань забезпечують такі вимірювання:

- на лінійних КП телемеханіки: тиск;
- на початку трубопроводу: витрата, вхідний тиск, температура;
- на кінці трубопроводу: витрата, вхідний тиск, температура.

Крім цього, передбачалось наявність інформації про густину, яка може бути введена оператором вручну.

Прикладне програмне забезпечення для обробки інформації у реальному часі будується на стандартному наборі основних модулів, з яких будується алгоритм обробки залежно від специфічності вимог щодо застосування.

Система автоматизованого контролю через регулярні інтервали часу отримує в реальному часі дані про технологічні параметри нафтопроводу із системи SCADA для подальшої обробки. Для того, щоб забезпечувалася відповідна підтримка повністю динамічної моделі трубопроводу, всі дані щодо тиску і витрати повинні поновлюватися через кожних 5-15 с, що і є основним часом циклу системи.

У системі передбачена можливість використання „штампів часу”, що наносяться на окре-

мі виміри, завдяки чому дані можуть бути розміщені в будь-якій загальній рамці часу.

Попередня обробка даних у реальному часі – це суттєвий момент системи. При цьому здійснюється перевірка достовірності даних, що надходять шляхом багаторазових перевірок, призначених спеціально для моделювання трубопроводу у реальному часі.

Якщо дані, в результаті цих перевірок, виявляються недостовірними, то система робить спробу відшкодувати недостаючі або помилкові дані, або, що ще важливіше, система автоматично використовує дану інформацію в ході наступного аналізу. Широке використання попередньої обробки даних на практиці знижує до мінімуму число хибних аварійних повідомлень у системі, які слід би оцінювати оператору.

Структурна схема існуючої системи автоматизованого контролю лінійною частиною нафтопроводу зображена на рис. 2.

Модель трубопроводу точно симулює зміну вимірюваних величин, що пов'язані з відомими змінами граничних умов, тобто ці значення передбачають різницю між розрахунковими і вимірними значеннями (UP і UF), що виникають в результаті витікання за один і той же період, впродовж якого формується реакція.

Другим фактором, лімітуючим продуктивність і можливість системи, є вибір порогових значень, що стосуються точності системи. Застосування скорочених порогових значень призводить до зменшення часу виявлення і скорочення можливості сприяти менші витікання і в той же час призводить до зростання можливості видачі хибної аварійної ситуації.

Точність часу виявлення і визначення місця витікання змінюється залежно від інтенсивності витікання згідно з таблицею 1.

Система автоматизованого контролю витікань нафти з нафтопроводу зарекомендувала себе з позитивної сторони при виявленні витікань з середньої і великої інтенсивності, проте все гостріше повстає питання початкової діагностики і контролю несанкціонованих відборів, які характеризуються незначною зміною таких параметрів як тиск і витрата. Внаслідок шумів у каналах вимірювання тиску дуже важко налаштувати математичну модель для роботи з малими витіканнями і відборами, та при великому (10-15 с) часу опитування давачів лінійних КП також виникають проблеми у обчисленні місця витікання. Тому виникає потреба у застосуванні нових способів виявлення несанкціонованих витікань і відборів, з використанням контролерів нечіткої логіки і методів теорії нечітких множин.

Нові способи, які запропоновані для вирішення питання автоматизованого контролю за несанкціонованими витіканнями (відборами), побудовані за принципом обробки інформації і прийнятті рішення про подію витікання, безпосередньо на точці контролю, тобто на лінійних КП телемеханіки. Причому між лінійними КП телемеханіки і нафтоперекачуючої станції (НПС) на початку і вкінці трубопроводу утворюється інформаційний простір динамічних



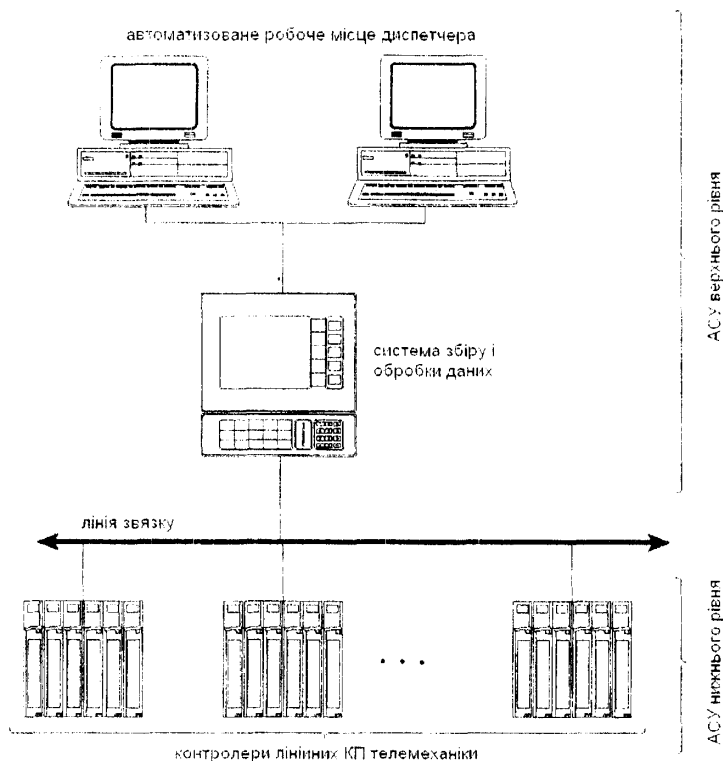


Рисунок 2 Структурна схема існуючої система автоматизованого контролю (САК) нафтопроводу

Таблиця 1- Чутливість САК в залежності від інтенсивності витікань

Розмір витікання, % витрати	Час виявлення, хвилин	Точність визначення місця витікань, Км
2	20	4
5	10	2
>15	2	1

змін технологічних параметрів тисків і витрат, для яких не потрібний аналіз за допомогою традиційного математичного моделювання.

Створювана система автоматизованого контролю за несанкціонованими витіканнями нафти з нафтопроводу на противагу існуючій системі автоматизованого контролю (САК) не використовує математичне моделювання для прийняття рішення і передбачає середній рівень автоматизованої системи управління (АСУ). Середній рівень АСУ необхідний для координації роботи АСУ нижнього рівня та визначення точного місця несанкціонованого витікання нафти на трубопроводі. Якщо АСУ нижнього рівня існуючої системи контролю призначена для керування засувкою та збору інформації про тиск на КП, то створювана АСУ нижнього рівня сама визначає час і напрямки до місця витікання, встановлює рівень аварійності ділянки нафтопроводу і має можливість залежно від рівня падіння тисків давати згоду на відсікання пошкодженої ділянки. Структура запропонованої системи автоматизованого конт-

ролю лінійною частиною нафтопроводу зображена на рис. 3.

На рис. 4. зображений алгоритм визначення факту несанкціонованого витікання (відбору) нафти з нафтопроводу, який запропонований для нової системи автоматизованого контролю.

АСУ середнього рівня встановлюються на НПС, що знаходяться на початку контрольованих нафтопроводів. Ці АСУ відстежують зміну тиску на початку трубопроводу (на нагнітанні НПС) і за допомогою лінії зв'язку передають на АСУ нижнього рівня сигнал. АСУ нижнього рівня, маючи інформацію про режимні (санкціоновані) зміни тиску на початку нафтопроводу та з врахуванням змін тисків, які відбуваються при диханні нафтопроводу, перевіряють факт несанкціонованої зміни тиску на КП телемеханіки вздовж нафтопроводу. Залежно від їх величин різниці між санкціонованою зміною тиску і несанкціонованою на кожному КП приймається рішення про рівень аварійності, а також фіксується і передається на АСУ середнього рівня час початку несанкціонованого витікання.



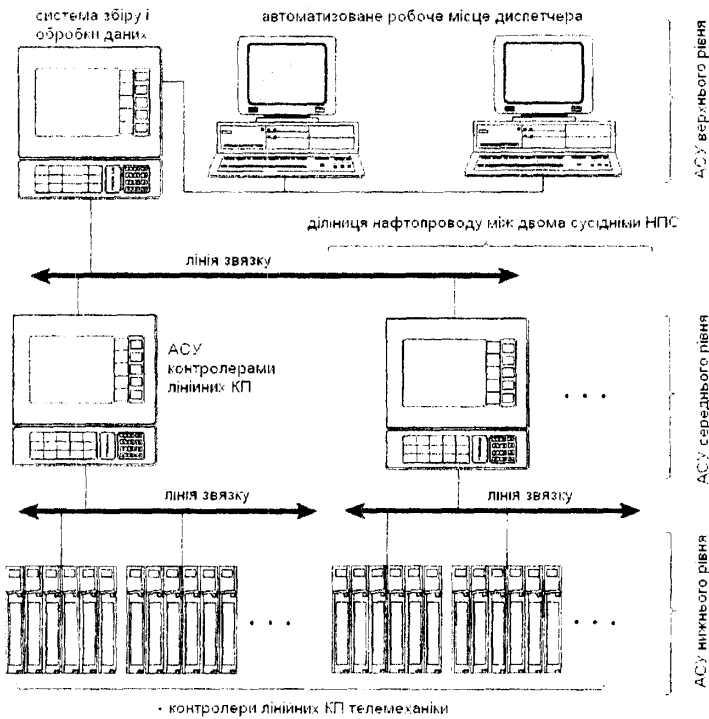


Рисунок 3- Структурна схема розробленої САК нафтопроводу

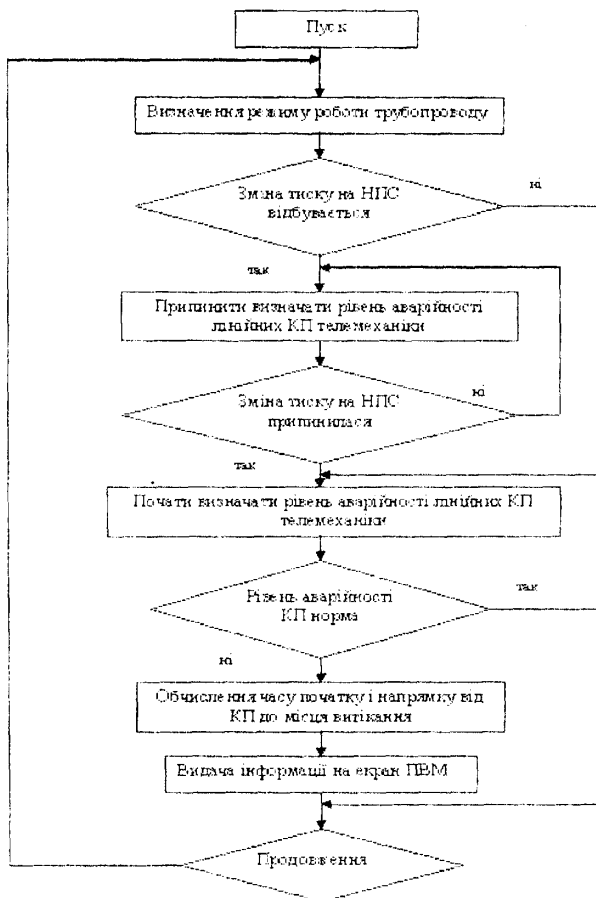


Рисунок 4 – Алгоритм САК визначення факту несанкціонованого витікання (відбору) нафти з нафтопроводу



Після отримання АСУ середнього рівня значень часу з двох найближчих до місця витікання КП відбувається точніше обчислення місця витікання нафти з нафтопроводу. Також на цьому етапі може відбуватися підтвердження точності знайденого місця за збігом напрямків до місця витікання з найближчих КП.

Отже, запропонована структура системи контролю з нечіткою логікою для автоматизованого визначення часу і місця несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу, яка передбачає обробку інформації на самому КП, дає ряд переваг, а саме:

- можливо збільшити частоту опитування давачів КВПіА, що позитивно вплине на точність і достовірність отриманої інформації про гідродинамічний стан трубопроводу;

- можливо оцінювати рівень аварійності ділянки трубопроводу, на якій відбувається витікання, і миттєво приймати рішення щодо продовження експлуатації нафтопроводу;

- суттєво збільшується робастність системи автоматичного контролю.

Вище згадана система автоматизованого контролю може бути використана для контролю за несанкціонованим витіканням не тільки нафти, але й нафтопродуктів та інших рідин, а також для управління захистом оточуючого середовища.

## Література

1 Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Фазі-логіка в системі керування тиску на нагнітанні і всмоктуванні насосної нафтоперекачуючої станції // Вимірювання та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2000. - №4. – С.42-44.

2 Побережний Л.Я. Прогнозування корозійної витривалості трубних статей та зварних з'єднань при низьких частотах навантаження // Науковий вісник Національного технічного університету нафти і газу. - Івано-Франківськ, 2003. - №2(6). - С. 79-82

3 Середюк М.Д., Якимів Й.В., Лісафін В.П. Трубопровідний транспорт нафти і нафта продуктів: Підручник.- Івано-Франківськ, 2001.- 517с.

4 Sementsov G. N., Chugur I. I. Fuzzy identification of rock layers with anomalous pressure.// Proceeding of Third Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT) – Zittay (Germany)/ - 2003. – P. 570-573.

5 Фазі-логіка в системах контролю/ Семенцов Г.Н., Чигур І.І., Когуч Я.Р., Шавранський М.В., Борин В.С. – Івано-Франківськ: ФАКЕЛ, 2003. – 84 с.

6 Нечіткі системи контролю/ Семенцов Г.Н., Чигур І.І., Дранчук М.М., Когуч Я.Р., Шавранський М.В., Кузь Т.Я. – Івано-Франківськ: ФАКЕЛ, 2003. – 51 с.

