

## **КОНТРОЛЬ ЗА ВИТОКАМИ І НЕСАНКЦІОНОВАНИМИ ВІДБОРАМИ НАФТИ З МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДІВ НА ЗАСАДАХ FUZZY LOGIC**

**О.В. Кучмистенко, Г.Г. Зварич, Г.Н. Семенцов**

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067,  
e-mail: kafatp@ukr.net*

*Стаття присвячена розробці методу контролю за витоками і несанкціонованими відборами нафти з магістральних нафтопроводів. Розглядається задача створення на базі методів нечіткої логіки моделі контролю несанкціонованого відбору нафти з магістрального нафтопроводу, яка враховувала б різні режими експлуатації, нелінійний характер діаграми тисків і витрат, а також скорочувала б час оброблення одержаної інформації. Розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення для нижнього рівня автоматизованої системи контролю технічного стану магістрального нафтопроводу шляхом подальшого розвитку алгоритмів визначення місця і часу несанкціонованих відборів нафти на основі запропонованої логіко-лінгвістичної моделі, що забезпечує визначення місця витікань і несанкціонованих відборів нафти з магістрального нафтопроводу. Основні результати, які одержані, застосовані на підприємстві ВАТ «Укртранснафта» (філія ППДМН ЛРНУ м. Лисичанськ) і в навчальному процесі на кафедрі «Автоматизації технологічних процесів і моніторингу в екології» ІФНТУНГ.*

*Ключові слова: метод контролю, несанкціонований відбір, магістральний нафтопровід, нечітка логіка, нечітка модель.*

*Статья посвящена разработке метода контроля за несанкционированными отборами нефти из магистральных нефтепроводов. Автоматизированный контроль и принятие решений для управления сложным объектом с большим числом взаимосвязей технологических параметров, а именно определение места и времени несанкционированных отборов нефти при эксплуатации магистральных нефтепроводов при различных режимах перекачивания, связано с принятием решения в условиях нестационарности и нелинейности изменений основных параметров – давления и расхода. В работе рассмотрена задача повышения качества контроля при определении времени начала и места несанкционированного отбора, а именно постоянный мониторинг технического и технологического состояния магистрального нефтепровода с целью определения несанкционированных отборов, и в случае их определения, сокращения времени на вычисление места отбора и принятие решения. Рассмотрена задача создания на базе методов нечеткой логики информационной модели автоматизированного контроля несанкционированного отбора нефти из магистрального нефтепровода, которая учитывает разные режимы эксплуатации, нелинейный характер диаграмм давлений, а также сокращает время обработки полученной информации. Основные результаты применены на предприятии ОАО «Укртранснефть» (филиал ППДМН ЛРНУ г. Лисичанск) и в учебном процессе на кафедре «Автоматизации технологических процессов и мониторинга в экологии» ИФНТУНГ.*

*Ключевые слова: метод контроля, несанкционированный отбор, магистральный нефтепровод, нечеткая логика, нечеткая модель.*

*This article is devoted is dedicated to development to a method of the control flow out and non-authorized selections of petroleum from main oil pipelines. The task of creation is considered, on the basis of methods of indistinct logic of model of the control of the non-authorized selection of petroleum from a main oil pipeline, which would take into account different modes of operation, nonlinear character of the diagrams of pressure and charges, and also would reduce time to processing of the received information. Is developed algorithmic and software for the bottom level of the automated monitoring system of a technical condition of a main oil pipeline by the further development of algorithms of definition of a place and time of the non-authorized selections of petroleum on the basis of the offered logic-linguistic model, which provides definition of a place flow out and non-authorized selection of petroleum from a main oil pipeline.*

*The basic results are applied at the enterprise OAU "Ukrtransneft", (branch PPDMN, LARNY Lisichansk town) and in educational process on faculty " of Automation of productions and monitoring in ecology " IFNTUOG.*

*Keywords: method of the control, non-authorized flow out, fuzzy logic, fuzzy model.*

Контроль за витоками і несанкціонованими відборами нафти з магістральних нафтопроводів (МН) є актуальним науково-прикладним завданням у зв'язку з таким явищем, як розкрадання нафтопродуктів. Несанкціоновані відбори нафти з МНносять економічні збитки підприємствам, зривають поставки нафти до споживачів, підривають престиж галузі, а у випадках витікання нафти призводять до екологічного забруднення навколишнього середовища. Тому питання захисту нафтопроводу від несанкціонованих відборів нафти є актуальним на сьогодні.

Проте, аналіз літературних джерел [1–3 та ін.] вказує на недостатній об'єм проведених досліджень у напрямку розробки методів контролю за витоками і несанкціонованими відборами з МН.

Тому метою даної роботи є створення архітектури системи автоматизованого контролю (САК) за несанкціонованими відборами нафти з МН з урахуванням існуючої САК за відборами нафти з трубопроводів діаметром 700–1200 м.

Розроблення системи базується на способі контролю [3], що використовує як об'єкт контролю МН з лінійними контрольними пунктами

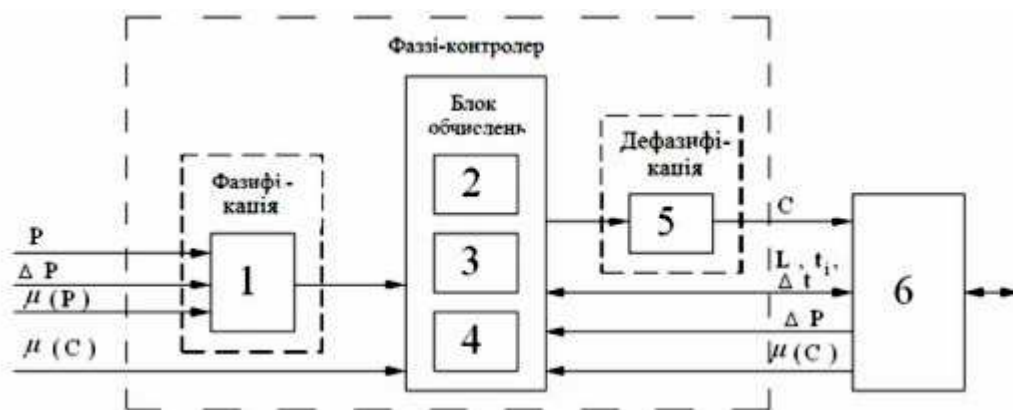


Рисунок 1 – Структурна схема підсистеми контролю за роботою САК нижнього рівня АСУ ТП

(КП) телемеханіки, на яких встановлені давачі тиску. Давачі тиску встановлені як на нагнітанні і всмоктуванні НПС, так і вздовж трубопроводу на КП телемеханіки. Роль перших полягає у тому, щоб виявити технологічні зміни тисків у режимі перекачування і формувати заборону на визначення рівня аварійності на КП телемеханіки до їх закінчення, а роль останніх – відслідковувати зміну тисків на ділянках, прилеглих до КП телемеханіки і, залежно від відхилення рівнів зміни тисків від взірцевих, формувати рівень аварійності на КП. Оскільки на стаціонарному русі нафти нафтопроводом (режим перекачування або простою нафтопроводу) мають місце малі добові коливання тиску, які є наслідком температурних і технологічних особливостей трубопроводу і далі називаються малим „дыханням” нафтопроводу, то для запобігання хибному визначенню рівня аварійності на КП телемеханіки застосовується корекція взірцевих значень тисків.

Розглянуто структурну схему підсистеми контролю за роботою САК нижнього рівня АСУ ТП, яка зображена на рисунку 1, де прийняті такі позначення:  $P$  – тиск нафти на всмоктуванні чи нагнітанні нафтопроводу, залежно від місця встановлення (НПС на початку або кінці МН), МПа;  $\Delta P$  – зміна коливань тисків, що підлягає обробленню (зона малого „дыхання”), задається під час налаштування системи, МПа;  $\mu(P)$  – коефіцієнти для фазифікації змінних тисків, що задаються під час налаштування системи;  $\mu(C)$  – коефіцієнти для фазифікації змінної технологічної зміни тисків, що задаються під час налаштування системи;  $C$  – рівень технологічної зміни тисків, %;  $t$  – час початку технологічної зміни тисків, (год, хв, с);  $t_i$  – час початку несанкціонованого витікання або відбору на КП, год,хв.,сек.;  $\Delta t$  – проміжок часу, необхідний для встановлення стаціонарного режиму роботи МН, с; 1 – блок фазифікації значень тиску; 2 – блок корекції тисків на малому „дыханні” МН; 3 – блок виявлення технологічної зміни тисків; 4 – блок обчислення точного місця витікання нафти з МН; 5 – блок дефазифікації результатів обчислення; 6 – блок обміну інформацією;  $L$  – напрямок до місця витікання відносно КП телемеханіки.

Використано підсистему контролю за роботою САК нижнього рівня, що призначена для

оброблення інформації про тиск на початку і в кінці МН і, залежно від виду зміни тиску, формування сигналу блокування роботи підсистеми і визначення рівня аварійності на нафтопроводі. Так, вимірюване значення тиску потрапляє до блоку фазифікації вхідних сигналів 1, де формується сигнал про рівень зміни тисків у вигляді термів „малий”, „великий”. Параметри фазифікації  $\mu(P)$  можна задати за місцем з панелі введення-виведення, або через пристрій обміну інформацією 6. Також можна задати параметр  $\Delta P$ , що характеризує малі коливання тиску в нафтопроводі. Далі фазифікований сигнал потрапляє до блоку обчислень, де у блоці 2 відбувається корекція взірцевого значення тиску на малому „дыханні” нафтопроводу, і у блоці 3 формується сигнал блокування роботи підсистеми виявлення відборів нафти на САК нижнього рівня. Блок 4 призначений для визначення, за інформацією з двох найближчих до місця витікання КП, точного місця аварії. Дефазифікація результатів обчислення формується у блоці 5 і за допомогою пристрою обміну інформацією 6 потрапляє на контролери САК нижнього рівня.

Здійснено аналіз впливу зміни структури і параметрів елементів нафтотранспортної системи на її вихідні характеристики, що дало змогу розробити принципову схему захисту водного переходу від несанкціонованого витікання і дослідити зміни тисків до і після лінійних КП телемеханіки після пуску МН в роботу, під час опресовування нафтопроводу, під час оцінювання відхилень вимірюваних значень тисків від записаних у пам'ять контролера. Випробування і імітація несанкціонованих відбирань відбувалися на КП телемеханіки на 986 км нафтопроводу (рис. 2).

Були використані такі основні елементи системи:

давач тиску зі струмовим виходом (4-20 мА) Fisher-Rosemount 3051T з класом точності 0,25;

система збору, оброблення і передачі даних, що побудована на програмованих контролерах Modicon TSX Quantum;

лінія зв'язку від давача до контролера КП телемеханіки довжиною меншою ніж 10 м;

лінія зв'язку від контролера КП телемеханіки до блока оброблення і відображення інформації



Рисунок 2 – Контрольний пункт системи телемеханіки на 986 км нафтопроводу

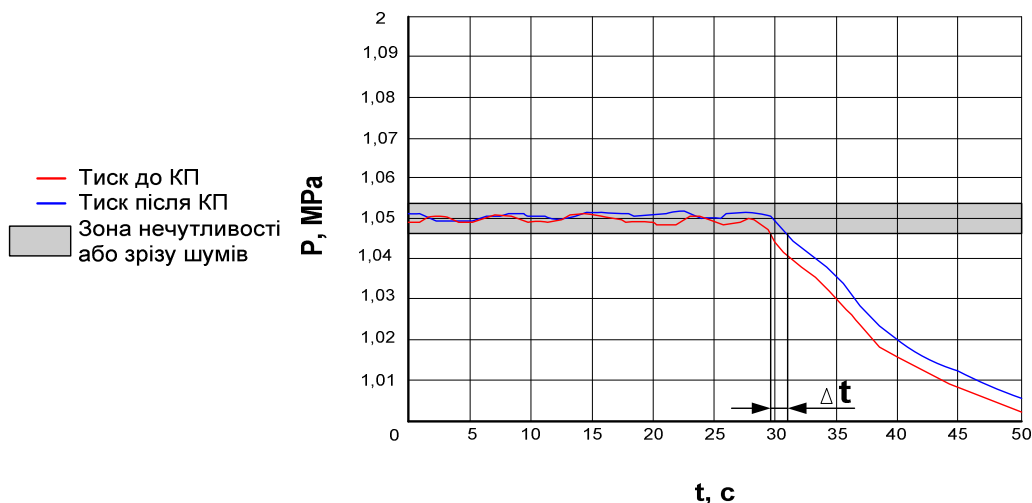


Рисунок 3 – Діаграма тисків до і після КП телемеханіки при несанкціонованому відборі нафти з МН

ції автоматизованої системи у диспетчерській довжиною 200 км;

комп'ютер Р-III, з частотою 600 МГц і операційною системою Windows NT.

Розроблено методику проведення експериментальних досліджень і вибрано засоби вимірювання, які забезпечили високу вірогідність результатів, одержаних у ході дослідження на ділянках нафтопроводу НПС „Великоцьк” і НПС „Новоайдар” імітацією несанкціонованого витікання нафти біля КП телемеханіки, що знаходиться на 986 кілометрі нафтопроводу „Самара-Лисичанськ”.

Проведено імітаційне моделювання і продемонстровано чутливість методу до змін властивостей контрольованого сигналу. Одержано діаграми тисків по лінійних КП під час несанкціонованих відборів нафти з МН (рис.3).

Проведено аналіз чинників, що впливають на чутливість і працездатність системи автоматичного контролю відборами нафти з МН, що дало змогу розробити пропозиції щодо визначення відстані, на якій треба розташовувати давачі тиску до і після КП.

Визначено інтервал часу (2мс) між двома послідовними відліками тиску в системі контролю за несанкціонованим відборами нафти з нафтопроводу, що сприятиме підвищенню точності визначення місця і часу відборів нафти з МН.

Для реалізації САК за несанкціонованими відборами нафти з МН використали інтелектуальні давачі тиску моделі 3051P, які мають вихідний сигнал 4÷20 мА. Сумарна відносна похибка інтелектуального давача тиску Fisher-Rosemount 3051P (за даними фірми Fisher-Rosemount) дорівнює  $\delta = \pm 0,14\%$  за зміни температури навколишнього середовища  $\pm 28^\circ\text{C}$ .

Розроблено схему накопичення сумарної похибки вимірювального каналу тиску САК за відборами нафти з МН (рис. 4).

На рис. 4 прийняті такі позначення:  $\delta_p$  – відносна похибка регістратора;  $\delta_E$  – відносна похибка розрахунків у ЕОМ;  $\delta_3$  – похибка заокруглення;  $\delta_D$  – відносна похибка давача тиску;  $\delta_{\Delta t}$  – відносна похибка часу спрацювання давача;  $\delta_{ct}$  – абсолютна похибка часу спрацювання елементів схеми;  $\delta_k$  – відносна похибка спрацювання комутатора;  $\delta_A$  – похибка апроксимації рівнянням четвертого порядку;  $\delta_F$  – відносна похибка апроксимації.

На основі сумарної відносної похибки виявлено сумарну інструментальну похибку, яка, внаслідок некорельованості окремих складових, дорівнює середньоквадратичній сумі

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_D^2 + \delta_{\Delta t}^2 + \delta_{na}^2 + \delta_e^2 + \delta_A^2 + \delta_c^2 + \delta_f^2} \approx (1) \approx 0,54\%$$

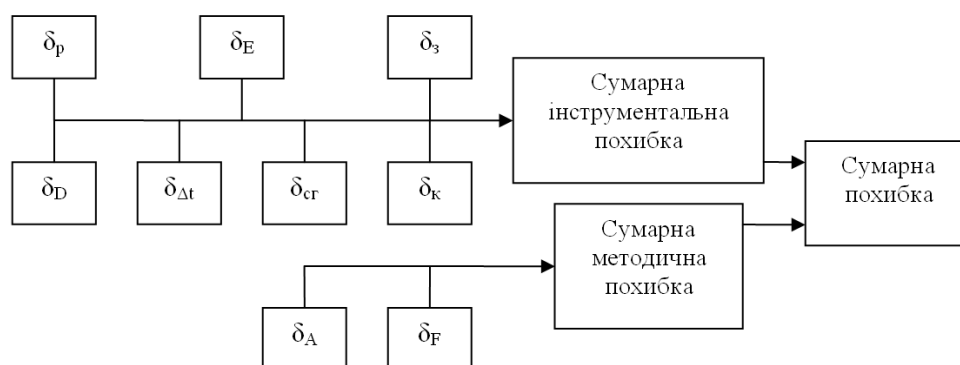


Рисунок 4 – Схема накопичення сумарної похибки вимірювального каналу тиску САК за відборами нафти з МН

Під час оцінки працездатності вимірювального каналу тиску в МН і визначення часу і місця відборів порівнювали час затримки проходження сигналу через систему контролю з критичними значенням часу  $\tau$  для виявлення місця порушення цілісності МН.

Методичні похибки вимірювального каналу тиску в МН викликані використанням наближених математичних залежностей замість точних. Складна залежність зміни тиску в МН під час відбору апроксимована рівнянням четвертого порядку з похибкою апроксимації  $\delta_A = 0,02\%$ .

Показано, що оброблення інформації про зміну тиску в МН за допомогою моделі Мамдани – типу забезпечує абсолютну похибку в межах  $0,116 \div 0,305$  МПа, що для умов транспортування нафти нафтопроводом дає можливість одержати відносну похибку відносну похибку

$$\text{апроксимації } \delta_F = \frac{0,305 \cdot 10^5}{4,8 \cdot 10^6} \cdot 100\% = 0,64\% .$$

Отже, відносна методична похибка дорівнює

$$\Delta_{\Sigma M} = \delta_A + \delta_F = 0,66\% . \quad (2)$$

Сумарна похибка вимірювального каналу тиску САК за несанкціонованими відборами нафти з магістрального нафтопроводу дорівнює

$$\delta_{\text{сум}} = \delta_{\Sigma} + \delta_{\text{мет}} = \delta_{\Sigma} + \delta_{\Sigma M} = 1,2\% . \quad (3)$$

Запропоновано рекомендації для перевірки вимірювальних каналів тиску системи автоматизованого контролю за відборами нафти з МН, що виконується у робочих умовах експлуатації засобів вимірювання. Вказані рекомендації були застосовані на підприємстві “Придніпровські магістральні нафтопроводи” в методах перевірки вимірювальних каналів з давачами тиску Fisher-Rosemount 3051P. Проведено імітаційне моделювання розробленого методу контролю за відборами нафти з МН. Вказано на його переваги над відомими методами як за точністю, так і за швидкодією. Отже, виявлення місць несанкціонованих відборів нафти з МН, яке можна одержати за допомогою розробленого методу, дає задовільний результат.

### Висновок

Запропонований метод за відборами нафти з МН може успішно використовуватись для ви-

явлення витікань і несанкціонованих відборів нафти з МН. Кінцевим результатом є раціональне рішення стосовно рівня аварійності нафтопроводу, місця і часу відбору нафти. Метод може бути використаний не тільки на магістральних нафтопроводах, але для транспортування інших продуктів, тому що він відображає причино-наслідкові зв'язки між зміною тисків у трубопроводі під час відбору і рівнем аварійності і дає можливість розробити процедуру виявлення місця відбору.

Метод контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти з МН випробувано в промислових умовах підприємства “Придніпровські магістральні нафтопроводи”. Результати випробувань розробленого методу контролю підтвердили достовірність одержаних результатів, корелюють з досвідом і практикою та припустимі з потрібною точністю. Рекомендації щодо застосування розробленого методу контролю за витіканнями та несанкціонованими відборами нафти з МН прийняті для впровадження підприємством “Придніпровські магістральні нафтопроводи”.

### Література

- 1 Семенцов Г.Н. Основи моніторингу технологічних об'єктів нафтогазової галузі / Г.Н.Семенцов, М.М.Дранчук, О.В.Гутак [та ін.]. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 808 с.
- 2 Семенцов Г.Н. Автоматизація технологічних процесів у нафтовій і газовій промисловості / Г.Н.Семенцов, Я.Р.Когуч, Я.В.Куровець, М.М.Дранчук. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 300 с.
- 3 Кучмистенко О.В. Метод контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти з магістральних нафтопроводів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд.техн.наук: спец.05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин» / О.В.Кучмистенко. – Івано-Франківськ, 2006. – 20 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
18.11.11

Рекомендована до друку професором  
М. І. Горбійчуком