

МОДЕЛЮВАННЯ ВИТІКАНЬ І НЕСАНКЦІОНОВАНИХ ВІДБОРІВ НАФТИ З НАФТОПРОВОДІВ НА ЗАСАДАХ FUZZY LOGIC

О.В. Кучмистенко, Г.Г. Зварич, А.І. Куропась

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067,
e-mail: kafatr@nimg.edu.ua*

Розглядається завдання створення на базі методів нечіткої логіки інформаційної моделі автоматизованого контролю несанкціонованого відбору нафти з магістрального нафтопроводу, яка враховує різні режими експлуатації, нелінійний характер діаграми тисків і витрат, а також скорочує 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.

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

Рассматривается задача создания на базе методов нечеткой логики информационной модели автоматизированного контроля за несанкционированным отбором нефти из магистрального нефтепровода, которая учитывает различные режимы эксплуатации, нелинейный характер диаграмм давлений, а также сокращает время обработки полученной информации. Разработаны теоретические основы оперативного контроля технического состояния магистральных нефтепроводов, включающие обобщенную информационную модель процессов отбора и утечки нефти в зависимости от интенсивности изменений давления и расхода по нефтепроводу, базу правил Мамдани-типа и модель оперативного определения места и времени несанкционированного отбора и вытекания нефти из магистрального нефтепровода, что базируется на правилах нечеткой логики.

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

The article is dedicated to development of the method of the flow out control and non-authorized selections of petroleum from main oil pipelines. The task of creation is considered, on the basis of indistinct logic methods of 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 pressure of diagrams and charges, and also would reduce processing time of the received information. Algorithmic and software for the bottom level of the automated monitoring system of a technical condition of the main oil pipeline is developed 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 the main oil pipeline.

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

Україна з її зручним географічним положенням має великі перспективи як з'єднувально ланка між нафтовидобувними державами Каспійського регіону і найважливішими європейськими ринками. Проте складне економічне становище України породило таке явище, як розкрадання нафтопродуктів з нафтопроводів. Несанкціоновані відбори нафти з магістральних нафтопроводів (МН) наносять економічні збитки підприємствам, зривають поставки нафти до споживачів, підривають престиж галузі, а у випадках витікання нафти призводять до екологічних забруднень навколишнього середовища. Тому постає питання захисту нафтопроводу від витікань і несанкціонованих відборів нафти.

Автоматичний контроль та прийняття рішень в управлінні складним об'єктом в умовах невизначеності, зокрема визначення місць витікань і несанкціонованих відборів (у подальшому (відборів) нафти) в процесі експлуатації МН у різних режимах перекачування, пов'язаний з прийняттям рішень в умовах невизначеності,

нестационарності і нелінійності змін основних параметрів перекачування – тиску і витрати. Найважливішим завданням підвищення якості контролю шляхом визначення часу і місця витікання і несанкціонованого відбору нафти – є постійний моніторинг технічного стану МН з метою виявлення витікань або відборів, а у разі їх виявлення – скорочення часу на визначення місця відбору та прийняття рішення [1÷4].

Питання раннього визначення місця і часу витікання або несанкціонованого відбору нафти з МН в автоматичному режимі залишалось маловивченим і недостатньо розробленим, оскільки має місце апріорна і апостеріорна невизначеність, зумовлена ймовірністю, невизначеністю часу і місця та параметрів отворів змінних тисків і витрат. Використання відомих методів [5÷9], які базуються на детермінованих моделях, не дає змоги ефективно здійснювати раннє виявлення відборів нафти з МН, оскільки виявлення таких випадків відбувається за різних умов протікання цих ускладнень і без урахування зміни режимів роботи нафтопроводів.

З урахуванням особливостей процесу транспортування нафти нафтопроводами і необхідності контролю і раннього визначення місця та часу відбору нафти, розробка системи автоматизованого контролю цілісності нафтопроводів з використанням основних положень теорії нечітких множин і нечіткої логіки є актуальною.

Метою даної роботи є створення математичної моделі несанкціонованого відбору або аварійного витікання нафти з магістральних нафтопроводів, яка враховує змінний характер режимів перекачування нафти і скорочує час на обробку інформації та прийняття рішень про аварійність трубопроводу.

Для вирішення даної мети проведено теоретичні дослідження з використанням методів теорії нечітких множин і нечіткої логіки в процесі розроблення логіко-лінгвістичних моделей, прийняття рішень про стан аварійності нафтопроводу; методів експертних оцінок під час вибору нечітких параметрів, які входять в алгоритм контролю; методів математичної статистики в ході дослідження взаємозв'язків і показників транспортування нафти; методів імітаційного моделювання при дослідженні розробленого методу контролю.

Стан магістрального нафтопроводу як об'єкта контролю за витіканнями в будь-який момент часу запропоновано характеризувати параметрами його стану $Z(t) = Z[\Delta P_{i(\text{до})}(t), \Delta P_{i(\text{після})}(t)]$, де $\Delta P_{i(\text{до})}(t)$ – відхилення вимірювального тиску нафти відносно взірцевого, який вимірюється на i -му контрольному пункті (КП) телемеханіки, а саме перед КП; $\Delta P_{i(\text{після})}(t)$ – те ж після КП.

З множини зовнішніх впливів, які діють на магістральному нафтопроводі, вибрані лише ті, які суттєво впливають на стан МН: вхідні впливи $X(t) = X[P_{i(\text{до})}(t), P_{i(\text{після})}(t), P_{\text{НПС}}(t)]$ і параметри об'єкта $Q = [\xi_\epsilon, F_\epsilon, \delta]$, від яких залежать параметри стану МН. Тут $P_{i(\text{до})}(t)$ – тиск нафти, що вимірюється на i -тому КП телемеханіки перед КП, $P_{i(\text{після})}(t)$ – тиск нафти, що вимірюється на i -тому КП телемеханіки після КП, $P_{\text{НПС}}(t)$ – тиск, що вимірюється на нафтоперекачувальних станціях (НПС), а саме на всмоктуванні і нагнітанні ділянки МН; F_ϵ – площа перерізу отвору витікання або відбору; ξ_ϵ – коефіцієнт витрати; δ – параметри системи автоматичного контролю (САК) середнього рівня, що характеризують несанкціонований відбір чи витікання. Параметри стану МН $Z_i(t)$ пов'язані з вхідними впливами $X(t)$ і параметрами об'єкта Q залежністю $Z_i(t) = N_i[X(t), Q, t]$, $i = 1, 2$. Вплив стану МН на інші показники процесу перекачування нафти характеризуються значеннями його вихідних величин $V(t)$ – рівня аварійності під час відбирання нафти з МН на i -му КП телемеханіки $A_i(t)$, і часу початку відбирання нафти з МН на i -му КП телемеханіки $T_i(t)$, тобто $V(t) = [A_i(t), T_i(t)]$. Кожна з вихідних величин визначається через параметри стану $Z(t)$ своєю функціональною залежністю $V_j(t) = K_j[Z(t), t]$, $j = 1, 2$.

Для правильного вибору контрольованих величин визначили варіант задачі контролю за

відборами нафти з МН. Оскільки відбори і несанкціоновані витікання нафти з МН є випадковими, апріорно невизначеними і відбуваються крізь отвори з невідомими місцем і часом появи, а також площиною перерізу отвору, цей варіант контролю відповідає визначенню подій в умовах апріорної та поточної невизначеності об'єкта контролю.

Запропоновано структуру досліджуваних функцій визначити з математичної моделі витікання нафти [4] з МН:

$$\left. \begin{aligned} M_1^* &= M_2^* + M_\epsilon^*, \\ P_1^* &= P_2^*, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де: $M_1^* = L\left\{\frac{\Delta M_1}{M_{\text{вн}}}\right\}$, $M_2^* = L\left\{\frac{\Delta M_2}{M_{\text{вн}}}\right\}$ – зображення за Лапласом відносних змін масової витрати в нафтопроводі до і після місця витікання;

$P_1^* = L\left\{\frac{\Delta P_1}{P_{\text{вн}}}\right\}$, $P_2^* = L\left\{\frac{\Delta P_2}{P_{\text{вн}}}\right\}$ – зображення за Лапласом відносних змін тиску в нафтопроводі до і після місця витікання;

$P_{\text{вн}}, M_{\text{вн}}$ – номінальні значення масової витрати і тиску в тому місці нафтопроводу, звідки відбувається витікання нафти;

$\Delta P_1, \Delta P_2$ – абсолютні зміни тиску в нафтопроводі до і після місця витікання;

$\Delta M_1, \Delta M_2$ – абсолютні зміни масової витрати в нафтопроводі до і після місця витікання;

$M_\epsilon^* = L\left\{\frac{\Delta M_\epsilon}{M_{\text{вн}}}\right\}$ – зображення за Лапласом відносної зміни масової витрати крізь отвір під час витікання нафти;

ΔM_ϵ – абсолютна зміна масової витрати крізь отвір під час витікання нафти.

Показано, що масова витрата нафти крізь отвір у МН визначається за формулою [1, 4, 5]

$$M_\epsilon = \xi_\epsilon F_\epsilon \sqrt{2\rho g(P_1 - P_{\text{oc}})}, \quad (2)$$

де: ξ_ϵ – коефіцієнт витрати;

F_ϵ – площа перерізу отвору в місці витікання;

P_1, P_{oc} – абсолютні тиски в МН до отвору і оточуючому середовищі відповідно;

ρ – густина нафти;

g – прискорення сили тяжіння.

Після лінеаризації рівняння (2) за Тейлором і переходу до відхилень одержали:

$$M_\epsilon^* = K_\epsilon P_1^*, \quad (3)$$

де: $P_1^* = L\left\{\frac{\Delta P_\epsilon}{P_1}\right\}$ – зображення за Лапласом відносної зміни тиску до отвору;

$K_\epsilon = \left(\frac{\partial M_\epsilon^*(P_1^*)}{\partial P_1^*}\right)_0$ – коефіцієнт лінеаризації,

який залежить від площі перерізу отвору під час витікання F_e , густини нафти ρ , абсолютного тиску оточуючого середовища P_{oc} , коефіцієнта витрати ξ_e , температури та інших параметрів.

Оскільки відхилення $\Delta P_1 = P_1 - (P_1)_0$ – малі, то нелінійними членами ряду Тейлора знехтували, і рівняння (3) вважали лінійним відносно ΔP_1 .

Запропоновано математичну модель витікання нафти з МН

$$\left. \begin{aligned} M_1^* &= M_2^* + K_e P_1^* \\ P_1^* &= P_2^* \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

яка дає змогу дослідити цей процес з урахуванням таких технологічних обмежень:

- зміна тиску по довжині трубопроводу $\bar{\ell}$ і в часі $P(\bar{\ell}, t)$ не повинна перевищувати максимальне значення тиску P_{max} , яке визначається міцністю труб нафтопроводу. Одночасно падіння тиску в пунктах відбору нафти підтримується не нижче мінімального значення P_{min} , яке визначається з умов надійності постачання нафти. Тому тиск у будь-який момент часу обмежений такими умовами $P_{min} \leq P(\bar{\ell}, t) \leq P_{max}$;

- для входу нафтоперекачувальної станції справедлива нерівність $P(0, t) \leq P_{max}$. Проте спостерігається $P(0, t) \geq P(\bar{\ell}, t)$;

- витрата нафти $M(\bar{\ell}, t)$ може змінюватися лише в реальному діапазоні $M_{min} \leq M(\bar{\ell}, t) \leq M_{max}$. Мінімальне значення витрати визначається споживачами нафти.

Було також враховано, що математична модель (4) може бути застосована для розв'язання задач контролю за відборами лише тоді, коли відомі площа перерізу отвору в місці витікання нафти F_e і коефіцієнт витрати ξ_e , які є апіорі невідомими. Окрім того, в діючої АСУ ТП розрахунки щодо визначення місця і часу відборів проводяться на основі аналізу тисків нафти в різних місцях нафтопроводу, а не витрат. Тому для зручності одержання інформації про місце відбору нафти і полегшення інтеграції розроблюваного методу в існуючу АСУ ТП рівняння (2) використано у такому вигляді:

$$P_1 = \frac{M_e^2}{\xi_e^2 F_e^2 2\rho g} + P_{oc}. \quad (5)$$

Математичну модель (5) пропонується доповнити лінгвістичним описом процесу відбирання нафти, який базується на досвіді експертів. Для цього розглянуто різні алгоритмічні підходи до удосконалення методу контролю за відборами нафти з МН, зокрема з логічним виведенням типів Мамдані та Такагі-Сугено [2]. При цьому враховано, що одним зі шляхів зниження інформаційної складності існуючих алгоритмів контролю є використання спрощених апроксимаційних моделей. Сучасні методи по-

будови спрощених апроксимаційних моделей, які базуються на моделях нечіткої логіки, дають змогу застосовувати переваги якісного опису природною мовою з високими апроксимаційними властивостями таких моделей.

З урахуванням аналізу відомих підходів до знаходження місць відборів нафти з МН було вибрано підхід для створення методу визначення місця відбору нафти на основі нечітких апроксимаційних моделей, які дають змогу суттєво скоротити розрахунки та прискорити час на розв'язання задач апроксимації і, як висновок, скоротити час на визначення місця відбору нафти з МН.

Базуючись на тенденціях розвитку сучасної теорії контролю і управління та на результатах розв'язку основних проблем технологічного процесу транспортування нафти, у роботі обраний один із двох найбільш розповсюджених типів нечітких моделей – Мамдані, а також проаналізовані параметри лінгвістичних правил, необхідних для побудови нечіткої моделі, кількість терм-множин лінгвістичних змінних, вид і параметри функцій належності терм-множин лінгвістичних змінних, набір вхідних і вихідних змінних для кожного правила.

Розглянуто задачу, яка повинна розв'язуватися системою контролю, а саме – визначення місця відбору нафти з МН, відносно КП телемеханіки з мінімальною абсолютною похибкою $\Delta l(h)$:

$$[\Delta l(h)] \xrightarrow{h \in S} \min,$$

де

$$S = \{P_{min} \leq P(\bar{\ell}, t) \leq P_{max}; M_{min} \leq M(\bar{\ell}, t) \leq M_{max}\}. \quad (6)$$

Нечітка ситуація з визначення місця відбору нафти з МН може бути ідентифікована і використана для оцінки відстані до місця відбору нафти і рівня аварійності технічного стану нафтопроводу за допомогою логічних правил у формі:

$$R : IF (A_1, \dots, A_n) THEN (B_1, \dots, B_n), \quad (7)$$

де: A_1, \dots, A_n – антецедент;

B_1, \dots, B_n – консеквент.

Кількість термів, за допомогою яких оцінювали зміни тиску в МН, з урахуванням розмаху цього параметра, прийнята рівною 7: В – “великий”, С – “середній”, М – “малий”, ДМ – “дуже малий”, M^{3M} – має відхилення тиску в бік зменшення від ДМ, S^{3M} – середнє відхилення тиску в бік зменшення від ДМ, V^{3M} – велике відхилення тиску в бік зменшення від ДМ. Вимірювані параметри: тиск у нафтопроводі до і після КП в напрямку руху нафти та на виході нафтоперекачувальних станцій. Показник, що визначається в процесі контролю – рівень аварійності RA: Н – норма, ПА – перед-аварійний, АН – аварійно низький, АВ – аварійно високий.

Проведено лінгвістичний опис процесу відбирання нафти з МН, який є початковою точкою для розроблення відповідної бази правил Мамдані-типу. Правила безпосередньо описують залежність рівня аварійності МН від змін

тиску на окремих ділянках нафтопроводу. Загальна форма множини нечітких правил $R^{(k)}$, $k=1, \dots, N$ є такою:

$$R^{(k)}: IF (x_1 \text{ is } A_1^k \cap x_2 \text{ is } A_2^k \dots \cap x_n \text{ is } A_n^k) \\ THEN (y_1 \text{ is } B_1^k \cap y_2 \text{ is } B_2^k \dots \cap y_m \text{ is } B_m^k), \quad (8)$$

де: N – кількість нечітких правил;

A_i^k, B_j^k – лінгвістичні терми

$$A_i^k \subseteq x \subset R, i=1, \dots, n;$$

$$B_j^k \subseteq y \subset R, j=1, \dots, m;$$

x_1, x_2, \dots, x_n – вхідні змінні лінгвістичної моделі, зокрема

$$(x_1, x_2, \dots, x_n)^T = x \in X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n;$$

y_1, y_2, \dots, y_m – вихідні змінні лінгвістичної моделі, зокрема

$$(y_1, y_2, \dots, y_m)^T = y \in Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_m;$$

R – множина дійсних чисел.

Символами $X_i, i=1, \dots, n$ та $Y_j, j=1, \dots, m$ позначені відповідно простори вхідних і вихідних змінних.

Для контрольованого об'єкта запропоновані простори вхідних і вихідних змінних, що містять скінчену множину лінгвістичних термів із трикутними функціями належності. Перевага трикутній функції належності для побудови нечіткої моделі надана тому, що вона потребує лише три параметри для означення, а також тому, що обчислюється швидше інших видів функцій належності – трапецієподібних, сигмоїдальних, гауссоподібних. Функції належності побудовані методом оброблення експертної інформації в програмному середовищі MATLAB (Fuzzy Logic Toolbox).

Для створення нечіткої моделі прийнято, що конкретні правила $R^{(k)}, k=1, \dots, N$ пов'язані між собою логічним оператором АБО і враховано, що виходи y_1, y_2, \dots, y_m взаємно незалежні. Тому, використані нечіткі правила зі скалярним виходом у формі

$$R^{(k)}: IF (x_1 \text{ is } A_1^k \cap x_2 \text{ is } A_2^k) \\ THEN (y \text{ is } B^k), \quad (9)$$

де $B^k \subseteq y \subset R$ і $k=1, \dots, N$.

Отже, лінгвістичну модель відборів нафти з МН сформулювали у вигляді набору лінгвістичних правил з усіма можливими комбінаціями нечітких значень в антецеденті.

Для випадку контролю за відборами нафти з МН на основі двох вхідних змінних (рівні тисків на контрольних пунктах до $KPP_{i(до)}$ і після $KPP_{i(після)}$ місця відбору) й однієї вихідної змінної (рівня аварійності РА) та обраних лінгвістичних термів

$$S_{KP}^i = \{B, C, M, ДМ, M^{3M}, C^{3M}, B^{3M}\}, \quad (10)$$

$$(i=1, 2),$$

$$S_{PA} = \{H, ПА, АН, АВ\}, \quad (11)$$

сформульована лінгвістична модель із 16 правил:

$$R^{(1)}: IF KPP_{i(до)} \text{ is } ДМ \cap KPP_{i(після)} \text{ is } ДМ \\ THEN RA \text{ is } H,$$

$$R^{(2)}: IF KPP_{i(до)} \text{ is } М \cap KPP_{i(після)} \text{ is } M^{3M} \\ THEN RA \text{ is } ПА,$$

$$R^{(3)}: IF KPP_{i(до)} \text{ is } С \cap KPP_{i(після)} \text{ is } C^{3M} \\ THEN RA \text{ is } АН, \quad (12)$$

$$\dots \dots \dots \\ R^{(16)}: IF KPP_{i(до)} \text{ is } В \cap KPP_{i(після)} \text{ is } B^{3M} \\ THEN RA \text{ is } АВ.$$

Антецеденти правил містять набір умов щодо появи відборів нафти, тоді як консеквенти містять висновки про рівні аварійності нафтопроводу.

Наприклад, $R^{(3)}$: ЯКЩО “рівень тиску на $KPP_{i(до)}$ – середній” І “рівень тиску на $KPP_{i(після)}$ – середній”, ТО “рівень аварійності нафтопроводу – аварійно низький”. Тут $KPP_{i(до)}$ – лінійний КП, на якому вперше зафіксовано падіння тиску в нафтопроводі, де перекачування здійснюється від НПС_і до НПС_к; N_2 – номер кілометра, на якому знаходиться КП.

Повну базу правил наведено в наступній матриці (табл.1)

Таблиця 1 – Повна база евристичних правил Мамдані-типу

$X_1 \backslash X_2$	ДМ	М	С	В
ДМ	Н	Н	Н	Н
M^{3M}	Н	ПА	ПА	ПА
C^{3M}	Н	ПА	АН	АН
B^{3M}	Н	ПА	АН	АВ

Під час розроблення модуля нечіткого контролю за відборами нафти з МН була оцінена достатність кількості нечітких правил, їх несуперечність і наявність кореляції між окремими правилами.

Оскільки система контролю з нечіткою логікою оперує нечіткими множинами, для конкретних значень \bar{x}_i вхідного сигналу модуля нечіткого контролю передбачено операції фазифікації. У результаті такої операції йому протиставлена нечітка множина $A' \in X = X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n$, яка подається на вхід блока створення рішення. Дані для логічного оброблення надходять як від фазифікації, так і від бази правил, тобто від користувача. Дані від фазифікації – обґрунтовані нечіткі діапазони контрольованих величин вхідних змінних. Від користувача дані надходять у вигляді сукупності правил IF–THEN, що працюють з нечіткими даними. Тому, хоч правила і є чіткими, результат можна одержати тільки нечіткий. На виході цього блока з'являється N нечітких множин $\bar{B}^k \subseteq Y$ згідно з узагальненим нечітким правилом modus repens, яке для варіанту контролю за відборами нафти з МН набуває такого вигляду:

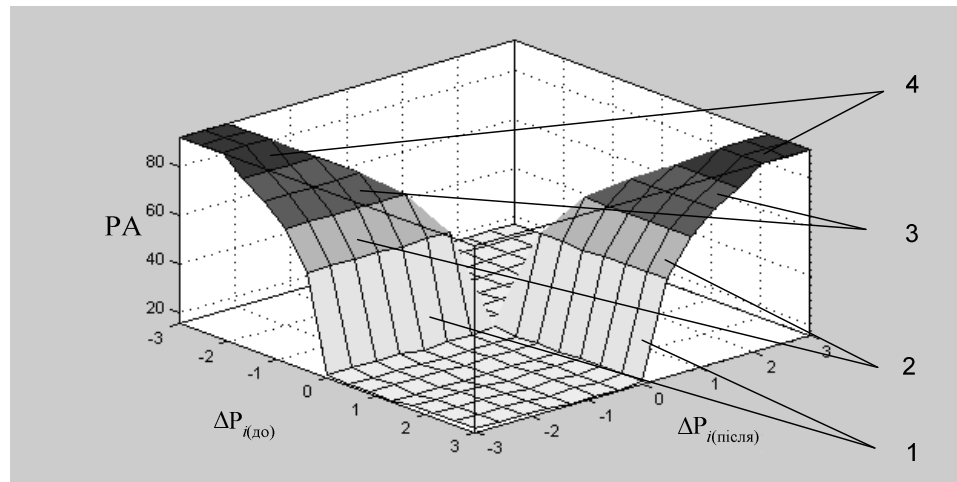


Рисунок 1 – Графік залежності рівня аварійності PA від змін тиску в нафтопроводі до і після місця відбору ($\Delta P_{i(\text{до})}$, $\Delta P_{i(\text{після})}$), що побудований у тривимірному просторі з використанням бази правил Мамдані-типу

Умова: $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ це A'

$$A' = A'_1 \cdot A'_2 \cdot \dots \cdot A'_n ;$$

Імплікація: $\bigcup_{k=1}^N R^{(k)}, R^{(k)} : A^k \rightarrow B^k$ (13)

$$A^k = A_1^k \cdot A_2^k \cdot \dots \cdot A_n^k ;$$

Висновок: y це B' .

Тоді на виході з блоку створення рішень формується одна нечітка множина B' з функцією належності $\mu_{B'}(y)$. Задача відображення нечіткої множини B' в єдине значення $\bar{y} \in Y$, яке є результатом контролю наявності відбору нафти з МН, вирішується блоком дефазифікації. Оскільки вихідне значення блока створення рішень є єдиною нечіткою множиною B' , то значення \bar{y} визначили за методом максимуму функції належності $\mu_{B'}(y)$ за формулою

$$\mu_{B'}(\bar{y}) = \sup_{\bar{y} \in Y} \mu_{B'}(y) \quad \text{за умови, що } \mu_{B'}(y) -$$

унімодална функція.

Використовуючи IF-THEN правила, змодельовано зміну рівнів аварійності МН під час відборів нафти за $\Delta P_{i(\text{до})}$ і $\Delta P_{i(\text{після})}$, як вхідних змінних. Цифрові дані для розрахунків базуються на результатах контролю і виявлення відборів нафти з МН в умовах підприємств Придніпровські магістральні нафтопроводи. Графік залежності рівня аварійності PA від змін тиску в нафтопроводі до і після місця відбору ($\Delta P_{i(\text{до})}$, $\Delta P_{i(\text{після})}$), що побудований у тривимірному просторі з використанням бази правил Мамдані-типу у програмному середовищі MATLAB (Fuzzy Logic Toolbox), зображено на рис. 1.

Як бачимо на рисунку 1, поверхня виведення рівня аварійності PA утворюється залежно від величини різниці зміни тисків $\Delta P_{i(\text{до})}$ і $\Delta P_{i(\text{після})}$, що є результатом порівняння вимірюваного значення тиску з номінальним. При

цьому утворюються чотири поверхні, які характеризують чотири рівні аварійності МН у місці аварії: 1 – норма, 2 – передаварійний, 3 – аварійно низький, 4 – аварійно високий.

Для реалізації даного методу розроблено структурну схему системи контролю за відборами з МН (рис. 2).

Використання методів нечіткої логіки в системі контролю передбачає формалізацію сформульованого завдання контролю (визначення змінних, співвідношення мовного опису з конкретними фізичними значеннями), розроблення бази правил, що визначають стратегію системи контролю (введення початкових правил), оптимізацію розробленої системи контролю (інтерактивний аналіз поведінки системи з використанням промислових даних або за допомогою програмної моделі контрольованого об'єкта), реалізацію системи контролю.

Висновки

Розроблено інформаційну модель процесу відбирання нафти з МН, яка відображає причинно-наслідкові зв'язки технічних параметрів зі змінами технічного стану нафтопроводу і є основою використання оперативного контролю з метою вирішення проблеми раннього виявлення витікань і відборів нафти з нафтопроводу.

Запропоновані і розроблені логіко-лінгвістичні моделі, побудовані на нечітких правилах – продукціях, що доповнюють інформаційну модель, яка дає змогу диспетчеру з транспортування нафти приймати ефективні рішення щодо виявлення факту несанкціонованого відбору нафти.

Обґрунтовано метод прискорення розрахунків для виявлення факту відбору нафти, а також визначення його місця, який полягає у обчисленні на апроксимаційній нечіткій моделі типу Мамдані замість існуючих складних детермінованих моделей, що дає змогу скоротити час на виявлення місця відбору нафти з нафтопроводу.

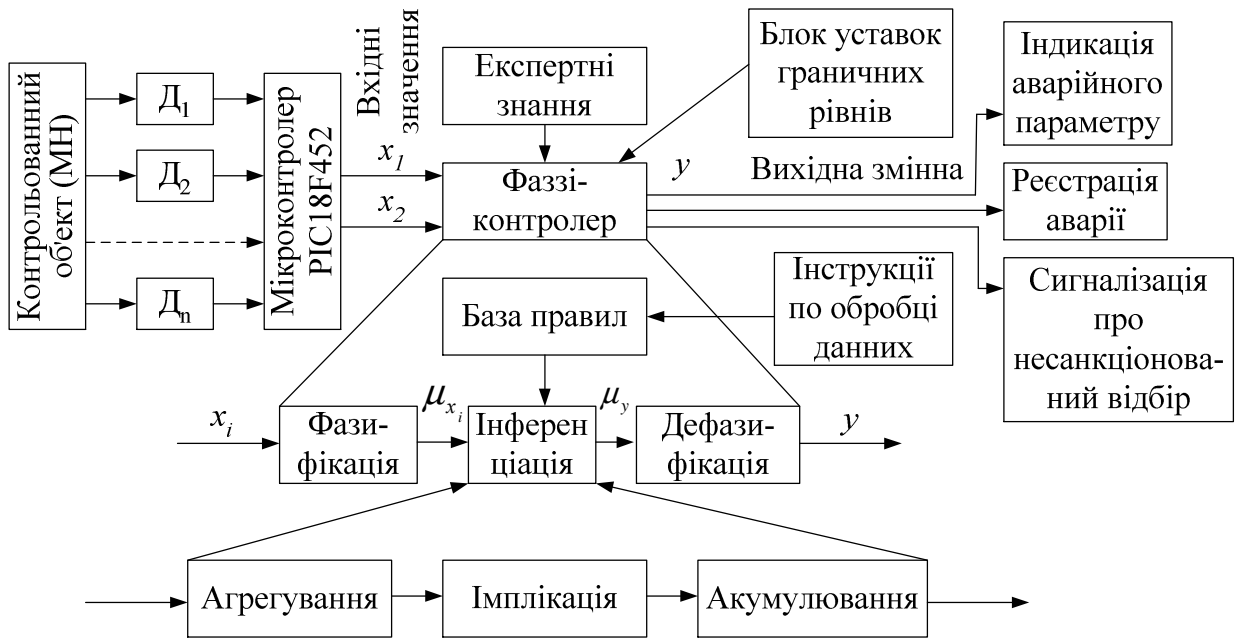


Рисунок 2 – Структурна схема системи контролю за відборами нафти з МН ($D_1 - D_n$ – давачі тиску) з модулем нечіткого контролю

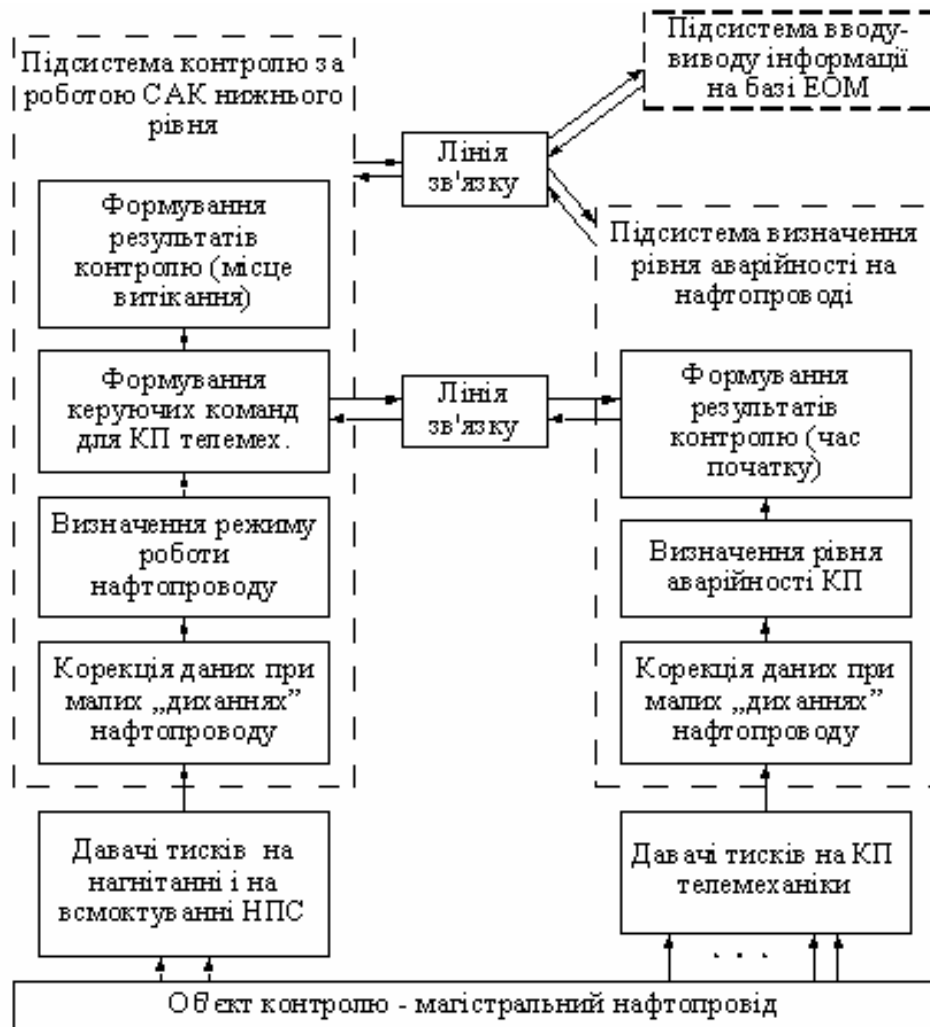


Рисунок 3 – Архітектура системи автоматизованого контролю за відборами нафти з МН

Література

- 1 Щербаков С.Г. Проблемы трубопроводного транспорта нефти и газа / С.Г. Щербаков. – М.: Наука, 1982. – 208 с.
- 2 Середюк М.Д. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов: [підручник] / М.Д.Середюк, Й.В.Якимів, В.П. Лісафін. – Івано-Франківськ. – 517 с.
- 3 Ишмухаметов И.Т. Трубопроводный транспорт нефтепродуктов / И.Т. Ишмухаметов. С.Л.Исаев, М.В.Лурье и др. – М.: Нефть и газ, 1999. – 160 с.
- 4 Зельмат Мимун. Методы исследования и управления режимами работы трубопроводного транспорта газа: дис... на соискание уч.степени док. техн. наук по специальности: 0513.07: «Автоматизация производственных процессов» / Зельмат Мимун. – М., 1992. – 332 с.
- 5 Лурье М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта углеводородов / М.В.Лурье. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2002. – 156 с.
- 6 Лосенков А.С. Система обнаружения утечек по волне давления / А.С.Лосенков, А.Н.Русаков, А.Г.Трефилов, В.А. Задорожный и др. // Трубопроводный транспорт нефти. – 1998. – №12. – С. 27-30.
- 7 Гумеров А.Г. О периодичности контроля утечек на магистральных нефтепроводах // Автоматизация и телемеханизация нефтяной промышленности / А.Г.Гумеров, А.С.Шумайлов, Р.Н.Столяров. – М.: ВНИИОЭНГ, 1980. – №4. – С. 12-16.
- 8 Нагаев Р.З. Параметрическая система обнаружения утечек для нефтепроводов с samotчными участками / Р.З.Нагаев, В.Б.Плотников, А.С.Лосенков, Ю.В.Фирсов // Трубопроводный транспорт нефти. – 2002. – №3. – С. 11-13.
- 9 Бабков А.В. Системы обнаружения утечек жидкости из магистральных нефтепроводов / А.В.Бабков, В.Е. Попадько // Автоматизация, телемеханизация и связь в газовой промышленности. – 2002. – С. 4-31.
- 10 Кондратенко Ю.П. Методы синтезу нечітких контролерів для підвищення швидкодії та точності процесів формування управляючих сигналів: зб. наук. праць УДМУ / Ю.П.Кондратенко, С.А. Сидоренко. – Миколаїв, 2001. – Вип. 5. – С. 124-134.

Стаття надійшла до редакційної колегії

12.05.11

Рекомендована до друку професором

Г. Н. Семенцовим