

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Семенцов Георгій Никифорович,
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу,
завідувач кафедри автоматизації технологічних
процесів і моніторингу в екології

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Копей Богдан Володимирович,
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу,
професор кафедри нафтогазового обладнання

Пров

політехніка”
кафедра
сації, м.Львів

Захист
ради Д 20.052.03
(76019, м. Івано-
Франківськ)
З дисертації
технічного університету

ованої вченої
нафти і газу
національного
5).

Автореферат розіслано «19» 05 2006 р.



Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д20.052.03,
кандидат технічних наук, доцент

A handwritten signature in black ink, appearing to be "М.М. Дранчук".

Дранчук М.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Україна з її зручним географічним положенням відіграє важливу роль як з'єднувальна 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 питання захисту нафтопроводу від несанкціонованих відборів нафти є актуальним на сьогодні.

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 при різних режимах перекачування пов'язаний з прийняттям рішень в умовах нестационарності і нелінійності змін основних параметрів перекачування – тиску і витрати. Найважливішим завданням підвищення якості контролю в ході визначення часу і місця відборів нафти – є постійний моніторинг технічного стану МН з метою виявлення відборів, а у разі їх виявлення, скорочення часу на визначення місця відбору і на прийняття рішення.

Питання раннього визначення місця і часу відборів нафти з МН в автоматичному режимі залишалось маловивченим і недостатньо розробленим, оскільки має місце апріорна і апостеріорна невизначеність, яка зумовлена ймовірністю, невизначеністю часу і місця та параметрів отворів змінних тисків і витрат. Використання відомих методів, які базуються на детермінованих моделях, не дає змогу 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.

Проте ефективне поєднання класичних методів контролю з методами теорії нечітких множин та нечіткої логіки дає можливість формувати лінгвістичні моделі складноформалізованих процесів, а також забезпечувати формування управляючих сигналів, адекватних процесам прийняття рішень експертом.

Зусиллями українських та іноземних вчених В.І. Архангельського, І.М. Богасенка, Е.В. Бодянского, В.І. Гостева, Г.Г. Грабовського, Ю.П. Кондратенка, А.П. Ладанюка, А.О. Лозинського, О.П. Ротштейна, О.Ю. Соколова, М.О. Рюмшина, Р.А. Алєва, R. Hampel, M. Wagenknecht, A.B. Язєніна, M. Mamdani, M. Sugeno, T. Takagi, L. Zadeh та інших розв'язано багато задач з теоретичним обґрунтуванням застосування нечіткої логіки для вирішення проблем контролю і управління.

Разом з тим, залишаються відкритими питання розробки точного методу контролю, який би забезпечував прискорення розрахунків для виявлення факту відбору, а також визначення місця відбору нафти з МН та прийняття рішень за експертними даними.

З урахуванням особливостей процесу транспортування нафти по МН, а також необхідності контролю і раннього визначення місця та часу відбору нафти, розроблення методу контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти з магістральних нафтопроводів з використанням основних положень теорії нечітких множин і нечіткої логіки є актуальним і доцільним. Це дасть змогу значно підвищити екологічну безпеку, безпеку життєдіяльності, надійність та економічну ефективність технологічних процесів транспортування нафти МН, що функціонують за умов невизначеності.



- впроваджені в навчальний процес кафедри автоматизації технологічних процесів і моніторингу в екології ІФНТУНГ (Акт від 27.05.2005р.) для студентів спеціальності 7.092501 – автоматизоване управління технологічними процесами.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи, які вносяться на захист, одержані автором особисто. У роботах, написаних у співавторстві, здобувачу належить: у роботі [1] – розробка нечіткої моделі Мамдані-типу для процесів насанкціонованих відборів і витікань нафти з магістральних нафтопроводів; [2] – постановка і формалізація задач контролю, структура системи контролю; [6] – розробка системи контролю з нечіткою логікою; [7] – вибір методу моделювання, дослідження точності моделювання, інтерпретація результатів досліджень; [9] – розробка структури системи керування тиску на основі методів нечіткої логіки; [10] – розробка інформаційної системи контролю; [12] – розробка структури пристрою контролю; [14] – обґрунтування нового підходу до удосконалення системи контролю.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і одержали позитивну оцінку на: міжнародній науково-практичній конференції „Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології” (Чернівці 2004 р.) [10]; міжнародній науково-практичній конференції „Динаміка наукових досліджень” (Дніпропетровськ 2004 р.) [12]; 11-й міжнародній конференції з автоматичного управління „Автоматика-2004” (Київ 2004 р.) [11]; Всеукраїнській науково-технічній конференції «Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів (м. Миколаїв 2004 р.) [4]; науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу університету (Івано-Франківськ 2001-2002 рр.) [13, 14].

Публікації. Основні результати дисертації викладені в 14 публікаціях, у тому числі в 8 наукових працях [1-8] у виданнях, що входять до переліків ВАК України (4 одноосібних), 1 опублікованій доповіді [9], та 5 тезах [10-14] міжнародних, Всеукраїнських та університетських науково-технічних конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, основних висновків і рекомендацій, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить **187** сторінок і включає **54** рисунки на **19** сторінках, **9** таблиць на **4** сторінках, список використаних літературних джерел із **147** найменувань і **7** додатків на **14** сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розглянуто стан наукової проблеми та її значущість, обґрунтовано актуальність завдання, показано зв'язок з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та основні задачі вибраного напрямку дослідження, подано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, визначено особистий внесок здобувача та наведено дані про впровадження результатів роботи, її апробацію та публікації.

Перший розділ охоплює питання аналізу основних режимів функціонування магістрального нафтопроводу (МН), існуючих систем технологічного контролю та визначення місця і часу витікань, або несанкціонованих відборів нафти з МН за умов апріорної та поточної невизначеності щодо природи, місця та величини витікань або відборів нафти. Детально проаналізовано математичні моделі елементів МН і неусталених режимів роботи МН, а також сучасні методи раннього виявлення місця і часу відборів нафти та зроблено висновок про доцільність удосконалення методу контролю за відборами нафти на основі методів нечіткої логіки.

Розглянуто і проаналізовано існуючі системи автоматизованого контролю за витіканнями нафти з МН, які розраховані для роботи на ділянках трубопроводу довжиною до 300 км, але які не забезпечують швидкого і точного виявлення місць відборів нафти, особливо в динамічних режимах витікання нафти через отвори в трубопроводі діаметрами ≤ 20 мм. САК через певні регулярні інтервали часу одержує дані про технологічні параметри нафтопроводу із системи SCADA для подальшого оброблення. Для того, щоб повністю забезпечити відповідну підтримку динамічної моделі трубопроводу, всі дані про тиски і витрати поновлюються через кожні 1-5 с протягом від 2 до 20 хвилин, залежно від величини відбору чи витікання, відбуваються обчислення і визначення місця аварії. Тому все гостріше постає питання ранньої діагностики і контролю за відборами нафти, що характеризуються незначною зміною таких параметрів, як тиск і витрата. Внаслідок шумів у каналах вимірювання тиску та великому часі опитування давачів лінійних контрольних пунктів (КП) дуже важко налаштувати математичну модель для роботи з малими витіканнями і відборами. Також виникають проблеми в обчисленні.

Показано, що одним зі шляхів зниження інформаційної складності існуючих методів визначення місця і часу відборів є використання спрощених апроксимаційних моделей. З урахуванням відомих підходів до визначення місця і часу відборів нафти з МН було вибрано підхід для удосконалення методу контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти з МН на базі нечітких апроксимаційних моделей, які дають можливість суттєво скоротити розрахунки та прискорити час на розв'язання задач апроксимації і, отже, скоротити час на виявлення місця відбору нафти з МН.

Другий розділ роботи присвячено детальним дослідженням властивостей контрольованого об'єкта і розробленню методу контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти з МН, який полягає в тому, що для забезпечення проведення складних обчислень розроблена апроксимаційна нечітка модель Мамдані-типу замість існуючих детермінованих моделей, що дає змогу скоротити час на визначення місця і часу відборів нафти з МН та на прийняття раціонального рішення з ліквідації аварії, збільшити точність розрахунків місця відбору нафти з МН. За основу розробки методу контролю прийнято один із сучасних підходів у математиці, який базується на використанні нечіткої логіки та нечітких апроксимаційних моделей.

Стан магістрального нафтопроводу як об'єкта контролю з 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 КП телемеханіки, а саме перед КП; $\Delta P_{i(\text{після})}(t)$ – відхилення вимірювального тиску нафти відносно взірцевого, який вимірюється на i -му КП телемеханіки, а саме після КП.

З множини зовнішніх впливів, які діють на МН, 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 $Q = [\xi_0, F_0, \delta]$, 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_0 – площа перерізу отвору витікання або відбору; ξ_0 – 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 $Y(t)$ – 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 $Y(t)=[A_i(t), T_i(t)]$. Кожна з вихідних величин визначається через параметри стану $Z(t)$ своєю функціональною залежністю $Y_j(t)=K_j[Z(t), t]$, $j=1, 2$.

Для правильного вибору контрольованих величин визначили варіант задачі контролю за відборами нафти з МН. У зв'язку з тим, що відбори і несанкціоновані витікання нафти з МН є випадковими, апріорно невизначеними і відбуваються через отвори з невідомими місцем і часом появи, а також площиною перерізу отвору і між точками простору параметрів стану і простору спостереження немає однозначної відповідності, цей варіант контролю відповідає визначенню подій в умовах апріорної та поточної невизначеності контрольованого об'єкта.

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

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

де $M_1^* = L\left\{\frac{\Delta M_1}{M_{\text{ен}}}\right\}$, $M_2^* = L\left\{\frac{\Delta M_2}{M_{\text{ен}}}\right\}$ - зображення за Лапласом відносних змін масової витрати в

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

змін тиску в нафтопроводі до і після місця витікання; $P_{\text{ен}}, M_{\text{ен}}$ - номінальні значення масової витрати і тиску в тому місці нафтопроводу, де 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; $M_e^* = L\left\{\frac{\Delta M_e}{M_{\text{ен}}}\right\}$ - зображення за Лапласом відносної зміни масової витрати

через отвір під час витікання нафти; ΔM_e - абсолютна зміна масової витрати через отвір під час витікання нафти.

Показано, що масова витрата нафти через отвір у МН визначається за формулою

$$M_e = \xi_e F_e \sqrt{2\rho g(P_1 - P_{oc})}, \quad (2)$$

де ξ_e - коефіцієнт витрати; F_e - 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:

$$M_e^* = K_e P_1^*, \quad (3)$$

де $P_1^* = L\left\{\frac{\Delta P_e}{P_1}\right\}$ - зображення за Лапласом відносної зміни тиску до отвору; $K_e = \left(\frac{\partial M_e^*(P_1^*)}{\partial P_1^*}\right)_0$ -

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

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

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 $M(\ell, t)$ може змінюватися лише в реальному діапазоні $M_{\min} \leq M(\ell, t) \leq M_{\max}$. 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_g і коефіцієнт витрати ξ_g , які є апіорі невідомими. Окрім того, в діючій 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:

$$P_1 = \frac{M_g^2}{\xi_g^2 F_g^2 2 \rho g} + P_{oc}. \quad (5)$$

Математичну модель (5) запропоновано 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 Мамдані-типу та Такагі-Сугено-типу.

При цьому враховано, що одним зі шляхів зниження інформаційної складності існуючих алгоритмів контролю є використання спрощених апроксимаційних моделей. Сучасні методи побудови 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 $\Delta\ell(h)$:

$$[\Delta\ell(h)] \xrightarrow{h \in S} \min, \text{ де } S = \{P_{\min} \leq P(\bar{\ell}, t) \leq P_{\max}; M_{\min} \leq M(\bar{\ell}, t) \leq M_{\max}\}. \quad (6)$$

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 параметру, прийнята рівною 7: В – “великий”, С – “середній”, М – “малий”, ДМ – “дуже малий”, M^{3M} – мас 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 – переаварійний, 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 – трапецеподібних, 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 $B^k \subseteq y' \subset R \text{ i } k=1, \dots, N$.

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 $KPP_{i(\text{до})}$ і після $KPP_{i(\text{після})}$ місця відбору) й однієї вихідної змінної (рівня аварійності РА) та обраних лінгвістичних термів

$$S_{kP_i}^i = \{B, C, M, DM, M^{3M}, C^{3M}, B^{3M}\}, \quad (i=1,2), \quad (10)$$

$$S_{PA} = \{H, PA, AH, AB\} \quad (11)$$

сформульована лінгвістична модель із 16 правил:

$$\begin{aligned} R^{(1)}: IF KPP_{i(\text{до})} \text{ is } DM \cap KPP_{i(\text{після})} \text{ is } DM THEN RA \text{ is } H, \\ R^{(2)}: IF KPP_{i(\text{до})} \text{ is } M \cap KPP_{i(\text{після})} \text{ is } M^{3M} THEN RA \text{ is } PA, \\ R^{(3)}: IF KPP_{i(\text{до})} \text{ is } C \cap KPP_{i(\text{після})} \text{ is } C^{3M} THEN RA \text{ is } AH, \end{aligned} \quad (12)$$

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

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 $KPP_{i(\text{до})}$ середній” І “рівень тиску на $KPP_{i(\text{після})}$ середній”, ТО “рівень аварійності нафтопроводу – аварійно низький”. Тут $KPP_{i(\text{до})}$ – лінійний КП, на якому вперше зафіксовано падіння тиску в нафтопроводі, де перекачування здійснюється від НПС₁ і до НПС₂; № – номер кілометра, на якому знаходиться КП.

Повну базу правил наведено в наступній матриці (табл.)

Таблиця

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, тому для конкретних значень \bar{x}_i вхідного сигналу модуля нечіткого контролю передбачені операції фазифікації. У результаті такої операції йому співставлена 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 поступають як від фазифікації, так і від бази правил, тобто від користувача. Дані від фазифікації – обґрунтовані нечіткі діапазони контрольованих величин вхідних змінних. Від користувача дані поступають 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 ponens*, яке для варіанту контролю за відборами нафти з МН, приймас такий вигляд:

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 блока 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 являє собою результат контролю наявності відбору нафти з МН, вирішується блоком дефазифікації. Оскільки вихідне значення блока створення рішень являє собою єдину нечітку множину B' , то значення \bar{y} визначили за методом максимуму функції належності $\mu_{B'}(y)$ за формулою $\mu_{B'}(y) = \sup_{y \in Y} \mu_{B'}(y)$, за умови, що $\mu_{B'}(y)$ – унімодальна 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 РА 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 рисунку 1.

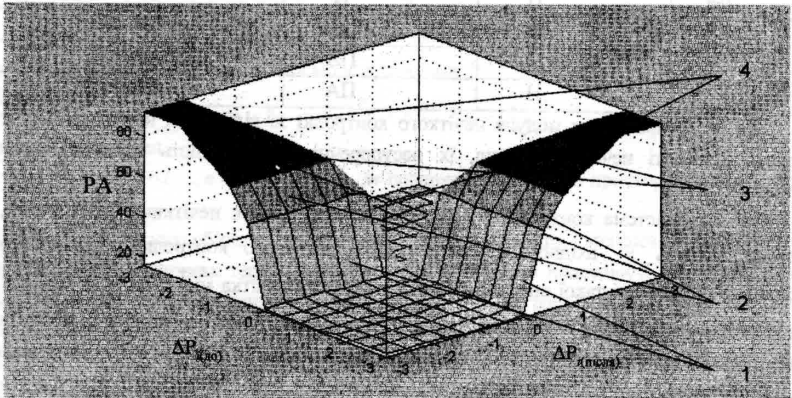


Рис. 1. Графік залежності рівня аварійності РА від змін тиску в нафтопроводі до і після місця відбору ($\Delta P_{i(\text{до})}$, $\Delta P_{i(\text{після})}$), що побудований у тривимірному просторі з використанням бази правил Мамдані-типу

Як бачимо на рисунку 1, поверхня виведення рівня аварійності РА утворюється залежно від величини різниці зміни тисків $\Delta P_{(до)}$ і $\Delta P_{(тісня)}$, що є результатом порівняння вимірюваного значення тиску з номінальним. При цьому утворюються чотири поверхні, які характеризують чотири рівня 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, яку зображено на рисунку 2.

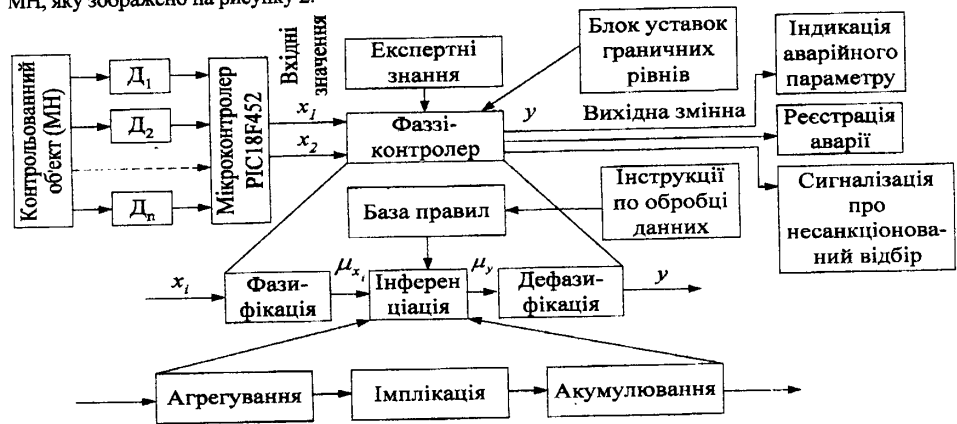


Рис. 2. Структурна схема системи контролю за відборами нафти з МН (D_1 - D_n - давачі тиску) з модулем нечіткого контролю



Рис. 3. Архітектура системи автоматизованого контролю за відборами нафти з МН

Використання методів нечіткої логіки в системі контролю передбачає формалізацію поставленої задачі контролю (визначення співвідношення мовного опису з конкретними фізичними значеннями), розроблення бази правил, що визначають стратегію розробленої 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.

У третьому розділі сформульовано задачі і розглянуті

можливі варіанти системи автоматизованого контролю за відборами нафти з МН з урахуванням існуючої САК за відборами нафти з МН, що дало можливість створити архітектуру системи контролю (рис. 3), яка реалізує запропонований метод, що дозволяє виявити несанкціоновані відбирання нафти з трубопроводів діаметром 700-1200 мм під час витікань нижчих ніж 2% номінальної масової витрати з похибкою не більше 500 м за час до 5 секунд.

Показано, що для цього способу об'єктом контролю є магістральний нафтопровід з лінійними 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 по нафтопроводу (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 хибного визначення рівня аварійності на КП телемеханіки застосовується корекція взірцевих значень тисків.

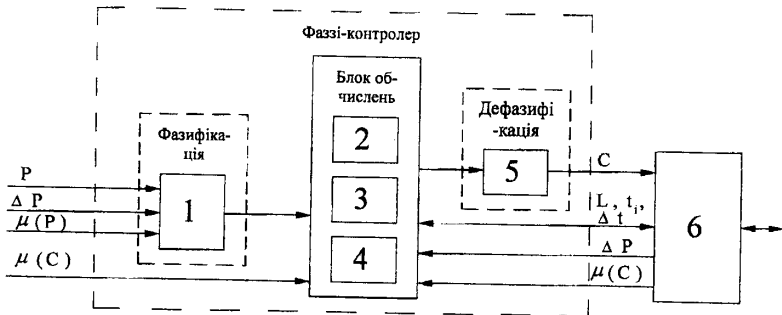


Рис. 4. Структурна схема підсистеми контролю за роботою САК нижнього рівня АСУ ТП

Розглянуто структурну схему підсистеми контролю за роботою САК нижнього рівня АСУ ТП, яка зображена на рисунку 4, де прийняті такі позначення: P – тиск нафти на всмоктуванні чи нагнітанні нафтопроводу, залежно від місця встановлення (НПС на початку або кінці МН), МПа; ΔP – 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_1 – час початку несанкціонованого витікання або відбору на КПі, год,хв,сек.; Δt – 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 у блок фазифікації вхідних сигналів 1, де формується сигнал про рівень зміни тисків у вигляді термів „малий”, „великий”. Параметри фазифікації ($\mu(P)$) можна задати по місцю з панелі введення-виведення, або через пристрій обміну інформацією 6. Також можна задати параметр ΔP , що характеризує малі коливання тиску в нафтопроводі. Далі фазифікований сигнал потрапляє у блок обчислень, де у блоці 2 відбувається корекція взірцевого значення тиску на малому „диханні” 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.5).

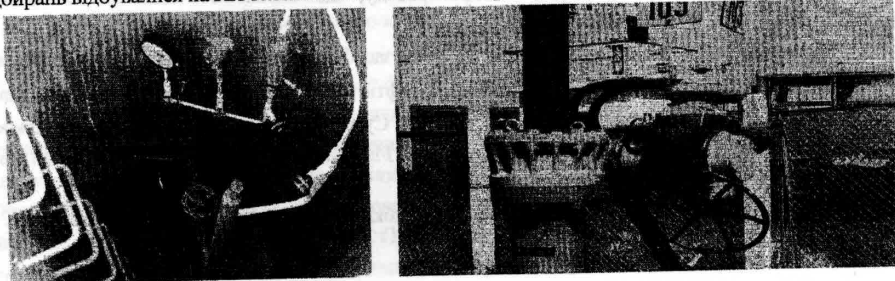


Рис. 5. Контрольний пункт системи телемеханіки на 986 км нафтопроводу

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 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 вибрані 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.6).

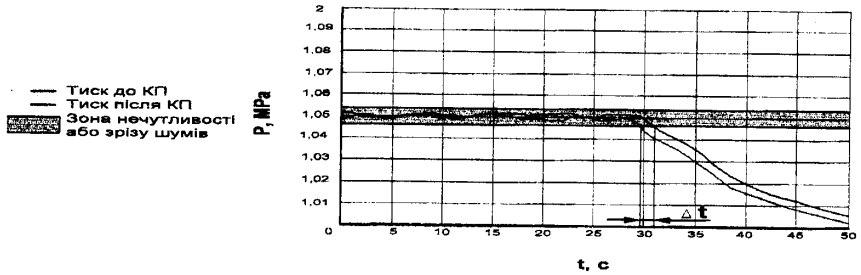


Рис. 6. Діаграма тисків до і після КП телемеханіки при несанкціонованому відборі нафти з МН

Проведено аналіз чинників, що впливають на чутливість і працездатність системи автоматичного контролю відборами нафти з МП, що дало змогу розробити пропозиції щодо визначення відстані, на якій треба розташувати 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.

Четвертий розділ присвячено аналізу похибки засобів контролю за відборами 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. 7).

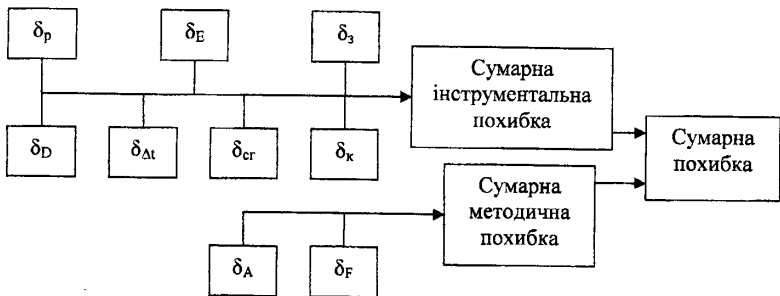


Рис. 7. Схема накопичення сумарної похибки вимірювального каналу тиску САК за відборами нафти з МН

На рис.7 прийняті такі позначення: δ_p – відносна похибка регістратора; δ_E – відносна похибка розрахунків у ЕОМ; δ_3 – похибка заокруглення; δ_D – відносна похибка давача тиску; $\delta_{\Delta t}$ – відносна

похибка часу спрацювання давача; $\delta_{\text{ст}}$ – абсолютна похибка часу спрацювання елементів схеми; δ_k – відносна похибка спрацювання комутатора; δ_A – похибка апроксимації рівнянням четвертого порядку; δ_F – відносна похибка апроксимації.

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

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_D^2 + \delta_{\Delta t}^2 + \delta_{\text{ст}}^2 + \delta_k^2 + \delta_A^2 + \delta_F^2} \approx 0,54\% . \quad (14)$$

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 τ 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 Мамдані – типу забезпечує абсолютну похибку в межах $0,116 \div 0,305$ МПа, що для умов транспортування нафти по нафтопроводу дає можливість одержати відносну похибку відносно похибку апроксимації δ_F

$$= \frac{0,305 \cdot 10^3}{4,8 \cdot 10^6} \cdot 100\% = 0,64\% . \text{ Отже, відносна методична похибка дорівнює}$$

$$\Delta_{\Sigma M} = \delta_A + \delta_F = 0,66\% . \quad (15)$$

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

$$\delta_{\text{сум}} = \delta_{\Sigma} + \delta_{\text{мет}} = \delta_{\Sigma} + \delta_{\Sigma M} = 1,2\% . \quad (16)$$

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 методиках перевірки вимірювальних каналів з давачами тиску Fisher-Rosemount 3051P. Проведено імітаційне моделювання розробленого методу контролю за відборами нафти з МН. Показано його переваги перед відомими методами як за точністю, так і за швидкістю. Отже, виявлення місць несанкціонованих відборів нафти з МН, яке можна одержати за допомогою розробленого методу, дає задовільний результат.

Підсумовуючи одержані в роботі результати зроблено висновок, що запропонований метод за відборами нафти з МН може успішно використовуватись для виявлення витікань і несанкціонованих відборів нафти з МН. Кінцевим результатом є раціональне рішення відносно 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 причинно-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 відносно використання розробленого методу контролю за витіканнями та несанкціонованими відборами нафти з МН прийняті для впровадження підприємством “Придніпровські магістральні нафтопроводи”.

У додатках наведені документи щодо впровадження одержаних результатів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації на основі проведених досліджень розв'язано актуальну науково-практичну задачу, яка полягає у встановленні закономірностей зміни тисків на МН під час витікань і несанкціонованих відборів нафти, що дає змогу розробити ефективний метод контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти з МН, які відбуваються за умов апіорної та поточної невизначеності щодо своїх параметрів і місць відборів та наявності різного типу завод. Метод дає змогу скоротити час виявлення факту відбору з 20 хвилин до 5 секунд і зменшити абсолютну похибку визначення місця витікання з 4 км до 500 м під час витікань менших, ніж 2% номінальної масової витрати. Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. На підставі результатів аналізу методів контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти з магістральних нафтопроводів встановлено, що відсутність теоретично-методологічних засад ефективних методів контролю за несанкціонованими відборами нафти призводить до виникнення проблем у виявленні таких подій через нестачу інформації, яка відображає витікання і відбори нафти з магістрального нафтопроводу в реальному часі. Для їх розв'язання є необхідним налагодження ефективного контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти за умов апіорної та поточної невизначеності цих процесів шляхом використання сучасних і ефективних методів контролю, які базуються на методах теорії нечітких множин та нечіткої логіки, адаптованих до сучасних умов експлуатації вітчизняних магістральних нафтопроводів.

2. На основі математичного опису фізичних процесів у нафтопроводі розроблено математичну модель процесу відбору нафти, яка відображає причинно-наслідкові зв'язки технологічних параметрів зі змінами технічного стану нафтопроводу.

3. Для розв'язання задачі контролю за витіканнями і несанкціонованими відборами нафти з МН в умовах невизначеності вперше запропоновано логіко-лінгвістичні моделі, побудовані на нечітких правилах-продукціях. Розроблені логіко-лінгвістичні моделі, які доповнюють математичну модель, дають змогу диспетчерові з транспортування нафти приймати ефективні рішення щодо виявлення факту відбору нафти.

4. Дістав подальший розвиток формальний опис усіх компонентів постановки задачі автоматизованого контролю за відборами нафти з МН, які формалізовані, виходячи зі специфіки задачі контролю, на базі створеної математичної моделі з урахуванням нестационарного характеру процесів відбору нафти з магістрального нафтопроводу, що дало можливість синтезувати систему автоматизованого контролю за відборами нафти.

5. Вперше запропоновано метод прискорення розрахунків для виявлення факту відбору нафти, а також визначення його місця, що полягає в забезпеченні проведення обчислень за експертними даними на апроксимаційній нечіткій моделі типу Мамдані замість існуючих складних детермінованих моделей, завдяки чому можна скоротити час на виявлення факту відбору, збільшивши точність визначення місця відбору, та скоротити час на прийняття рішення стосовно ліквідації аварійної ситуації.

6. На основі розрахунків аналітичних та експериментальних досліджень розроблено метод контролю за витіканнями і відборами нафти з МН, що відбуваються за умов апіорної і поточної невизначеності, який, на відміну від існуючих методів, базується на розроблених логіко-лінгвістичних моделях прийняття рішень та на результатах аналізу несанкціонованих відборів нафти в умовах підприємства "Придніпровські магістральні нафтопроводи". Метод дає змогу скоротити час на

виявлення місця відбору, збільшити вірогідність прийняття правильного рішення стосовно ліквідації аварії, суттєво підвищити точність визначення місця відбору, що одночасно з високою ефективністю контролю за відборами нафти підвищує ступінь захисту навколишнього середовища від можливих витікань нафти. Розроблений у дисертаційній роботі метод реалізовано в системі автоматизованого контролю за відборами нафти, що інтегрована в діючу АСУ ТП у вигляді блоку програм, які апробовані на промислових матеріалах, одержаних у процесі експлуатації магістрального нафтопроводу, і прийняті в промислову експлуатацію Лисичанським районним нафтопровідним управлінням ВАТ «Укртранснафта». Матеріали дисертаційної роботи набули впровадження в навчальному процесі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу під час викладання дисципліни «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації». Результати роботи можуть бути рекомендовані для використання підприємствами НАК «Нафтогаз України», що транспортують нафту і нафтопродукти, а також у дипломному проєктуванні для студентів спеціальності 7.092501 – автоматизоване управління технологічними процесами.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Моделювання процесів несанкціонованих відборів і витікань нафти з магістральних нафтопроводів на основі нечіткої логіки // *Методи та прилади контролю якості.* – 2005, №15 – С.32-36.
2. Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Інформаційна система контролю для запобігання несанкціонованому відбору нафти з магістрального нафтопроводу // *Нафтова і газова промисловість.* – 2005, №1. – С. 61–44.
3. Кучмистенко О.В. Нечітка модель автоматизованого контролю несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу // *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.* – 2005, №1(10) – С. 97 – 103.
4. Кучмистенко О.В. Автоматизований контроль несанкціонованого витікання нафти з магістрального нафтопроводу // *Збірник наукових праць НУК.* – Миколаїв: НУК, 2005, № 1 (400). – С. 140–144.
5. Кучмистенко О.В. Структура пристрою з нечіткою логікою для автоматизованого визначення часу і місця несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу // *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ.* – 2004, №2 (11). – С. 79–85.
6. Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Структура і алгоритм системи контролю з нечіткою логікою для автоматизованого визначення часу і місця несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу // *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.* – Івано-Франківськ, 2004, №3 (9). – С. 79–84.
7. Кучмистенко О.В. Аналіз залежностей тиску нафтоперекачуючої станції у колекторі, на всмоктуванні, перепадів тиску на заслінці і степені відкриття регулюючого органу від часу // *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ.* – 2001, №38, том 5. – С. 172–177.
8. Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Фаззи-логіка в системі керування тиску на нагнітанні і всмоктуванні насосної нафтоперекачуючої станції // *Вимрювання та обчислювальна техніка в технологічних процесах.* – Хмельницький. – 2000, №4. – С. 42–44.
9. Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Фаззи-модель для імітаційного моделювання несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу // *Академічний вестник.* – Кривий Ріг. – 2004, №13. – С. 84-86.

10. Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Інформаційна система контролю для запобігання несанкціонованому відбору нафти з магістрального нафтопроводу // Тези доповідей учасників міжнародної науково-технічної конференції професорсько-викладацького «Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології». – Чернівці. – 2004. – С. 191–192.
11. Кучмистенко О.В. Автоматизоване визначення часу і місця несанкціонованих витікань нафти з нафтопроводу // Автоматика – 2004. – Матеріали 11-ої міжнародної конференції по автоматичному управлінню. Київ. – 2004. – 27–30 вересня 2004. – Том перший. – С. 72.
12. Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Структура пристрою обробки та перетворення нечіткої інформації для визначення часу і місця несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції “Динаміка наукових досліджень”. – Дніпропетровськ.: Наука і освіта 2004. – 10-25 лютого 2004. – С. 74–76.
13. Кучмистенко О.В. Аналіз структури системи автоматизованого регулювання тиску НПС „Луганська” // Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу університету. – Івано-Франківськ.: Факел. – 2002. – С. 92.
14. Семенцов Г.Н., Кучмистенко О.В. Новий підхід до удосконалення автоматичної системи регулювання тиску на нафтоперекачуючій станції // Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу університету. – Івано-Франківськ.: Факел. – 2001. – С. 73.

Анотація

Кучмистенко О.В. Метод контролю за витоками і несанкціонованими відборами нафти з магістральних нафтопроводів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – Прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Івано-Франківський національний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2006 р.

Дисертація 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 в дисертації, 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.

Анотація

Кучмистенко А.В. Метод контролю за втеками і несанкціонованими відборами нафти з магістральних нафтопроводів. – Рукопис.

Дисертація на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля и определения состава веществ – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2006 г.

Диссертация посвящена разработке метода контроля за несанкционированными отборами нефти из магистральных нефтепроводов. Автоматизированный контроль и принятия 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.

Вопрос раннего определения места и времени несанкционированного отбора нефти из магистрального нефтепровода в автоматическом режиме оставался малоизученным и недостаточно разработанным, поскольку имеет место неопределенность, которая обусловлена вероятностью, неопределенностью времени и места, а также характеристик изменений давлений и расходов. Использование известных методов, основанных на детерминированных моделях, не позволяет эффективно осуществлять контроль раннего выявления вытеканий и отборов нефти из магистральных нефтепроводов, поскольку определение таких ситуаций осуществляется при неодинаковых условиях протекания этих осложнений и без учета изменений режимов работы магистрального нефтепровода, то есть в условиях априорной и текущей неопределенности.

С учётом особенностей процесса транспортирования нефти по магистральным нефтепроводам и необходимости контроля и раннего определения места и времени несанкционированного отбора, разработка метода автоматизированного контроля целостности магистральных нефтепроводов, с использованием основных положений теории нечётких множеств и нечёткой логики, является актуальной задачей. Разработка метода контроля, алгоритмического-программного обеспечения, а также технических средств для контроля за несанкционированными отборами и вытеканиями нефти з магистральных нефтепроводов позволяет значительно увеличить экологическую безопасность, безопасность жизнедеятельности, надёжность и экономическую эффективность технологических процессов транспортирования нефти магистральными нефтепроводами.

Рассмотрена задача создания на базе методов нечёткой 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. Разработано алгоритмическое и программное обеспечение для нижнего уровня системы автоматического контроля технического состояния магистрального нефтепровода путем дальнейшего развития алгоритмов определения времени и места несанкционированного отбора или вытекания нефти на основании предложенной логико-лингвистической модели, что обеспечивает повышение точности и сокращение времени определения места вытекания или несанкционированного отбора.

Разработаны теоретические основы оперативного контроля технического состояния магистральных нефтепроводов, которые включают обобщенную информационную модель процессов отбора и вытекания нефти в зависимости от интенсивности изменений давления и расходов 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.

Разработана структура системы автоматизированного контроля несанкционированных отборов нефти из магистральных нефтепроводов в условиях неопределенности этого процесса. Определена правомерность использования систем автоматизированного контроля давлений на нефтепроводе на основании объединений классических методов контроля и метода, что базируется на методах нечеткой логики, что создает условия оперативно-диспетчерскому персоналу для повышения вероятности и точности определения места и времени несанкционированных отборов нефти с учётом специфических условий протекания таких видов аварий.

Разработана совокупность правил-продукций для контроля и определения уровня аварийности нефтепровода, которые позволяют моделировать логику суждений диспетчера по транспорту нефти и тем самым своевременно принимать соответствующие действия по устранению аварий на магистральном нефтепроводе.

Проведен анализ инструментальных и методических погрешностей измерительного канала системы автоматизированного контроля давления в нефтепроводе, который позволил оценить точность информационной модели, установить особенности реализации и интерпретации результатов контроля. Определена схема накопления суммарной погрешности системы контроля, что позволяет определить суммарную погрешность разработанного измерительного канала САК несанкционированных отборов и вытеканий нефти с магистральных нефтепроводов.

Основные результаты, полученные в диссертации, применены на предприятии ОАО «Укртранснефт» (филиал ППДМН ЛРНУ г. Лисичанск) и в учебном процессе на кафедре «Автоматизации технологических процессов и мониторинга в экологии» ИФНТУНІ.

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

ABSTRACT

Kuchmistenko A.V. A method of the control for flow out and non-authorized selections of petroleum from main oil pipelines. - Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.11.13 - Devices both methods of the control and definition of structure of substances - Ivano-Frankovsk national technical university of petroleum and gas, Ivano-Frankovsk, 2005.

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

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