

З огляду на те, як швидко втрачають свою якість бензини з різним періодом стабільності під дією високої температури під час дослідів і беручи до уваги зміну кліматичних умов України, необхідно зауважити, що зберігати бензини необхідно із застосуванням заходів щодо зменшення їх витрат (у заглиблених та напівзаглиблених резервуарах для зменшення впливу температури навколишнього середовища, під підвищеним тиском та ін.)

Література

1. Бойченко С.В. Рациональное використання вуглеводневих палив. – К.: НАУ, 2001. – 216 с.
2. Константинов Н.К. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 260 с.
3. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лахши В.А. Химмотология. – М.: Химия, 1985. – 368 с.

УДК 681.5.015.3:622.24.054.2

МОДЕЛЬ КАНАЛУ КОНТРОЛЮ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДИЗЕЛЬНОГО ПРИВОДА СТОЛА РОТОРА ЯК РОЗІМКНУТОЇ НЕЛІНІЙНОЇ ЧАСТОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ

С.М.Бабчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067,
e-mail: public@ifdtung.if.ua

Разработана система контроля энергетических показателей дизельного силового привода буровых установок. Определено, что она осуществляет нелинейное преобразование входящих влияний и является разомкнутой частотно-импульсной динамической системой, которую можно представить в виде последовательного соединения нелинейного безинерционного и линейных динамических звеньев. Для идентификации частотно-импульсной системы контроля энергетических показателей дизельного силового привода стола ротора буровой установки использована модель Гаммерштейна. Предложенная модель контроля энергетических показателей дизельного привода стола ротора как разомкнутой нелинейной частотно-импульсной динамической системы может быть использована для разработки и исследования систем контроля крутящего момента и мощности на вале дизельных двигателей разных типоразмеров, которые используются в нефтяной и газовой промышленности.

The monitoring system of power parameters of a diesel power drive of chisel installations is developed. It is determined, that she carries out nonlinear transformation of entrance influences and is by the not connected frequency – pulse dynamic system, which can be presented as consecutive connection nonlinear not inertial and linear dynamic parts. For identification of the frequency – pulse monitoring system of power parameters of a diesel power occasion of a table of a rotor of chisel installation the model Gammershtein is used. The offered model of the control of power parameters of a diesel drive of a table of a rotor, as not connected nonlinear frequency – pulse dynamic system can be used for development and research of monitoring systems of the twisting moment and capacity on the shaft of diesel engines of different standard sizes, which are used in a petroleum and gas industry.

Величина крутного моменту на столі ротора є одним з основних параметрів, що характеризує режим буріння, особливо якщо відпрацювання долота ведеться за зносом опори [1-4], яка зазвичай виходить з ладу раніше обладнання. Так, під час буріння свердловин на нафтогазових родовищах Дністровсько-Донецької западини значна кількість шарошкових доліт виходить з ладу внаслідок повного зношення опори, хоч зношення обладнання не перевищує 50-60% [5]. Враховуючи, що статистичні промислові дані про довговічність опор доліт важко використати для прогнозування зносу у зв'язку з нестабільністю цього параметра [5], необхідно мати на буровій засоби автоматичного контролю стану опор долота в процесі буріння.

Збільшення зношення шарошок супроводжується зростанням крутного моменту на столі ротора (особливо при катастрофічному зношенні). Різке і значне зростання крутного мо-

менту вказує на необхідність припинення додання і заміну долота. Тому при наявності засобів автоматичного контролю крутного моменту на столі ротора можна судити про знос опори долота [6].

Промислові дослідження [7] засвідчили, що використання моментоміра на роторі для контролю відробки доліт за крутним моментом обертання дає змогу суттєво підвищити як проходку на долото, так і механічну рейсову швидкість буріння. Крім того, контроль крутного моменту у поєднанні з вимірюванням осьового навантаження свідчить про стан свердловини, про характер розбурюваних порід і про технічний стан породоруйнуючого інструменту [8]. Контроль крутного моменту на столі ротора дає змогу уникнути багатьох ускладнень у процесі буріння. Так, під час проводки глибоких, похилих чи викривлених свердловин, коли інструмент «зависає», а індикатор ваги не «відчуває»

навантаження на вибій, для непрямого контролю навантаження на долото застосовують моментомір. Він дає змогу вчасно знайти початок утворення сальника, значно полегшує проведення ловильних робіт, а в аварійному перебуванні свердловини запобігає небезпеці зарізання в свердловину, закріплену обсадною колоною [8].

Розв'язанням проблеми вдосконалення методів контролю крутного моменту на столі ротора займалися і постійно займаються вчені та інженери-практики, науково-дослідні інститути і корпорації, що виробляють обладнання для нафтогазової промисловості [9-12].

Дослідження методів і засобів контролю крутного моменту на столі ротора бурової установки показали, що контроль крутного моменту на столі ротора на бурових установках з електроприводом ефективно проводиться із застосуванням непрямих методів контролю, а в аналогічних бурових установках з дизельним приводом і сьогодні продовжується застосування механічних приладів і пристроїв контролю, які не можуть виконувати свої функції на тому високому рівні, якого вимагає сьогодення. Тому розробка методу контролю енергетичних показників дизельного привода бурових установок є актуальним завданням.

Відомі [13] різні методи побудови математичних моделей нелінійних динамічних систем, де вихідний сигнал $u(t)$, що спостерігається, складається із аддитивної суміші корисного сигналу $y(t)$, який повністю визначається вхідним сигналом (швидкістю обертання вала дизельного двигуна – $\omega(t)$), і перешкоди $\eta(t)$, яка відображає вплив неконтрольованих збурюючих впливів і не залежить від вхідного впливу.

Математичну модель такої системи можна побудувати, наприклад, у вигляді кінцевого відрізка функціонального ряду Вольєрра [13, 14].

У цьому випадку вихідний сигнал $y(t)$ детермінованої частини розробленої системи контролю [13] можна представити у такому вигляді:

$$y(t) = \varpi_0 + \sum_{i=1}^n T_i[\omega(t)], \quad (1)$$

де: ϖ_0 – складова вихідного сигналу $y(t)$, яка не обумовлена вхідним впливом $\omega(t)$;

$T_i[\omega(t)]$ – оператор Вольєрра i -го порядку

$$T_i[\omega(t)] = \int_0^\infty \dots \int_0^\infty \{\varpi_i(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i) \times \omega(t - \tau_1) \omega(t - \tau_2) \dots \omega(t - \tau_i) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_i\}, \quad (2)$$

де $\varpi_i(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i)$ – ядро Вольєрра (імпульсна перехідна функція) i -го порядку, яке для систем, що можуть бути фізично реалізовані, задовольняє умову $\varpi_i(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i) = 0$ для будь-якого $\tau_j < 0$ ($j = \overline{1, i}$).

Проте ряд Вольєрра є степеневим рядом з пам'яттю і узагальнює ряд Тейлора, оскільки в усталеному режимі, коли $\omega(t) = \omega = const$,

$$y = \sum_{i=0}^n C_i \omega^i,$$

$$C_0 = \varpi_0, \quad C_i = \int_0^\infty \dots \int_0^\infty \varpi_i(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_i.$$

Степеневий характер рядів Вольєрра викликає певні труднощі, оскільки виникає проблема збіжності ряду, яка аналогічна випадку представлення функції рядом Тейлора [13, 15].

Отже, побудова моделі розробленої нелінійної динамічної системи контролю енергетичних показників дизельного силового привода (ДСП) у вигляді кінцевого відрізка ряду Вольєрра містить визначення необхідної кількості членів ряду (1) і оцінювання ядер Вольєрра відповідних порядків. При цьому треба враховувати той факт, що ефективні алгоритми ідентифікації безпосередньо ядер Вольєрра одержують лише за гаусівського білого шуму або псевдовипадкових сигналів на вході системи [15].

Труднощі, що пов'язані з визначенням ядер Вольєрра досліджуваної системи і збіжністю цього ряду, можна усунути, користуючись методом Н.Вінера [14, 15], шляхом використання як моделі нелінійної системи ортогонального ряду

$$y(t) = \sum_{i=0}^n G_i[K_i; \omega(t)], \quad (3)$$

де: G_i – G-функціонали Вінера, які отримують ортогоналізацією функціоналів Вольєрра (2) в класі вхідних впливів, що є гаусівським білим шумом;

$K_i(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i)$ – ядро Вінера i -го порядку.

Якщо, наприклад, представити ядра Вінера у симетричній формі, то тоді перших три G-функціонали матимуть такий вигляд [13]:

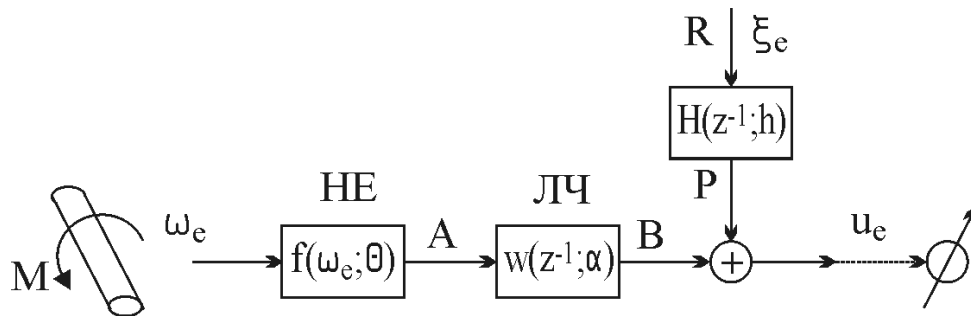
$$G_0[K_0; \omega(t)] = K_0;$$

$$G_1[K_1; x(t)] = \int_0^\infty K_1(\tau_1) x(t - \tau_1) d\tau_1;$$

$$G_2[K_2; \omega(t)] = \int_0^\infty \int_0^\infty \{K_2(\tau_1, \tau_2) \omega(t - \tau_1) \times \omega(t - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2\} - \lambda \int_0^\infty K_2(\tau_1, \tau_2) d\tau_1;$$

$$G_3[K_3; \omega(t)] = \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \{K_3(\tau_1, \tau_2, \tau_3) \omega(t - \tau_1) \times \omega(t - \tau_2) \omega(t - \tau_3) d\tau_1 d\tau_2 d\tau_3\} - 3\lambda \int_0^\infty \int_0^\infty K_3(\tau_1, \tau_2, \tau_3) \omega(t - \tau_1) d\tau_1 d\tau_2,$$

де λ – інтенсивність білого шуму.



М – крутний момент на валі дизельного двигуна; НЕ – нелінійний елемент; ЛЧ – лінійна частина системи; А – вихідний сигнал нелінійного елемента; В – вихідний сигнал лінійної частини системи; Р – вихідний сигнал об’єкта за збуренням; R – збурюючий вплив

Рисунок 1 — Структурна схема каналу контролю енергетичних показників ДСП як одномірної нелінійної системи Гаммерштейна

Збіжність ортогонального ряду є збіжністю у середньому, тому на вхідних сигналах, які можна перетворити в гаусівський білий шум, рядом Вінера можна описати більш широкий клас нелінійних систем, ніж рядом Вольтерра. У нашому випадку взаємозв’язок між вхідним $\omega(t)$ і вихідним $y(t)$ сигналами стаціонарної системи краще описується оператором Гаммерштейна [16]

$$y(t) = \int_0^{\infty} \varpi(\tau) f[\omega(t - \tau)] d\tau, \quad (4)$$

де: $\varpi(\tau)$ – імпульсна перехідна функція, $f(\omega)$ – нелінійна функція.

Перевагами цього виду моделей є наочність і очевидність фізичної інтерпретації та зручність у практичному використанні.

Структурна схема розробленого вимірювального каналу енергетичних показників ДСП як одномірної нелінійної системи Гаммерштейна зображена на рис. 1.

Для оцінювання параметрів запропонованої одномірної системи (рис. 1) Гаммерштейна вихідну послідовність u_e нелінійної системи, що спостерігається, представлено у такому вигляді [13]:

$$u_e = W(z^{-1}; \alpha) f(\omega_e; \theta) + H(z^{-1}; h) \xi_e, \quad (5)$$

де:

$$W(z^{-1}; \alpha) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}, \quad (6)$$

$$H(z^{-1}; h) = \frac{P(z^{-1})}{R(z^{-1})}, \quad (7)$$

$H(z^{-1}; h)$ – дрібно-раціональні функції, параметри яких

$$a^T = (a^T, b^T), \quad a^T = (a_1, a_2, \dots, a_{n_a}),$$

$$b^T = (b_0, b_1, \dots, b_{n_b}), \quad h^T = (p^T, r^T),$$

$$p^T = (p_1, p_2, \dots, p_{n_p}), \quad r^T = (r_1, r_2, \dots, r_{n_r})$$

є коефіцієнтами поліномів

$$A(z^{-1}) = 1 + \sum_{i=1}^{n_a} a_i z^{-i}, \quad B(z^{-1}) = \sum_{i=0}^{n_b} b_i z^{-i}, \quad (8)$$

$$P(z^{-1}) = 1 + \sum_{i=1}^{n_p} p_i z^{-i}, \quad R(z^{-1}) = 1 + \sum_{i=1}^{n_r} r_i z^{-i}, \quad (9)$$

$$f(\omega_e; \theta) = \sum_{i=1}^{n_\theta} \theta_i \varphi_i(\omega_e) = \varphi^T(\omega_e) \theta; \quad (10)$$

$f(\omega_e; \theta)$ – характеристика нелінійного безінерційного елемента, яку можна розкласти в кінцевий ряд за лінійно-незалежними функціями

$$\varphi^T(\omega_e) = [\varphi_1(\omega_e), \varphi_2(\omega_e), \dots, \varphi_{n_\theta}(\omega_e)];$$

$\theta^T = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{n_\theta})$ – параметри нелінійного елемента;

z^{-1} – оператор одиничного запізнення в часовій області або обернена величина до змінної Z-перетворення, коли мова йде про передавальні функції;

ω_e – вхідна послідовність;

ξ_e – послідовність випадкових величин з

нульовим середнім і кінцевою дисперсією G_ξ^2 , які є незалежними одна від одної і від вхідної послідовності ω_e .

Щоб лінійна частина (ЛЧ) системи, що має передавальну функцію

$$W(z^{-1}; \alpha)$$

була стійкою, корені $z_i(a)$ ($i = 1, n_a$) характеристичного рівняння

$$z^{n_a} + a_1 z^{n_a-1} + \dots + a_{n_a} = 0$$

повинні бути за модулем менше від одиниці, тобто лежати в середині одиничного кола $|z| \leq 1$ [17].

Тобто,

$$|z_i(a)| < 1, \quad i = 1, 2, \dots, n_a.$$

Передавальний коефіцієнт лінійної динамічної частини приймається одиничним

$$W(1; \alpha) = \frac{B(1)}{A(1)} = \frac{\sum_{i=0}^{n_b} b_i}{1 + \sum_{i=1}^{n_a} a_i} = 1 \quad (11)$$

тобто характеристика нелінійного елемента (НЕ) $f(\omega; \theta)$ є нелінійним передавальним коефіцієнтом (коефіцієнтом підсилення) системи контролю енергетичних показників ДСП.

Тому припустима область для параметрів α має такий вигляд:

$$C_\alpha = \{ \alpha : |z_i(a)| < 1 \quad (i = \overline{1; n_a}), \\ W(1; \alpha) = 1 \} \quad (12)$$

Послідовність

$$\eta_e(h) = H(z^{-1}; h) \xi_e$$

є зведеною до виходу системи контролю перешкодою, яка відображає вплив неконтрольованих збурень. Вона буде стаціонарною оберненою послідовністю, якщо передавальні функції

$$H(z^{-1}; h) \text{ і } H^{-1}(z^{-1}; h)$$

стійкі [17,13].

Інакше, корені $z_i(p)$, $z_i(r)$ рівнянь

$$z^{n_r} + r_1 z^{n_r-1} + \dots + z_{n_r} = 0,$$

$$z^{n_p} + p_1 z^{n_p-1} + \dots + p_{n_p} = 0$$

повинні знаходитися всередині одиничного кола.

Тоді припустимою областю для параметрів h є така:

$$C_h = \left\{ p : |z_i(p)| < 1 \quad (i = \overline{1; n_p}) \right. \\ \left. r : |z_e(r)| < 1 \quad (e = \overline{1; n_r}) \right\} \quad (13)$$

Тепер припустимо, що рівняння (5) з параметрами $(a_*, b_*, n_a^*, n_b^*; p_*, r_*, n_p^*, n_r^*; \theta_*, n_\theta^*)$ описує справжні умови функціонування системи контролю, наприклад, крутного моменту на валі дизельного двигуна.

Тоді $W(z^{-1}; \alpha_*)$ і $H(z^{-1}; h_*)$ можна назвати відповідно передавальними функціями лінійної частини і каналу збурень, а $f(\omega, \theta_*)$ – характеристикою нелінійного елемента системи.

Природно також припустити, що поліноми чисельників і знаменників

$$W(z^{-1}; \alpha_*) \text{ і } H(z^{-1}; h_*)$$

не мають спільних коренів, оскільки спільні корені можна виключити із розгляду зменшенням порядків n_a^*, n_b^* і n_p^*, n_r^* .

Сукупність можливих значень параметрів $(a, b, n_a, n_b; p, r, n_p, n_r; \theta, n_\theta)$, або

$C^T = (\alpha^T, h^T, \theta^T)$ в $W(z^{-1}; \alpha)$, $H(z^{-1}; h)$, $f(\omega; \theta)$ визначає сукупність відповідних передавальних функцій і нелінійностей моделі

вимірювальних каналів, що використовуються для контролю крутного моменту на валі бурових механізмів з дизельним силовим приводом.

Таким чином, рівняння (5)÷(10) визначають загальну структуру моделі “вхід-вихід” стаціонарної системи Гаммерштейна, якою є система контролю енергетичних показників дизельного силового привода бурових установок.

У процесі ідентифікації необхідно знайти такі значення параметрів C , за яких модель (5)÷(10) оптимально відображає властивості розробленої системи контролю енергетичних показників ДСП.

Отже, розроблена система контролю енергетичних показників ДСП бурової установки здійснює нелінійне перетворення вхідних впливів і є розімкнутою частотно-імпульсною динамічною системою, яку можна подати у вигляді послідовного з’єднання нелінійної безінерційної і лінійних динамічних ланок. Для ідентифікації частотно-імпульсної системи контролю енергетичних показників дизельного привода стола ротора бурової установки використано модель Гаммерштейна (5 ÷ 10).

Запропонована модель контролю енергетичних показників дизельного привода стола ротора як розімкнутої нелінійної частотно-імпульсної динамічної системи може бути використана для розробки і дослідження систем контролю крутного моменту і потужності на валі дизельних двигунів різних типорозмірів, що використовуються в нафтовій і газовій промисловості.

Література

- Семенов Г.Н., Чигур И.И. Новый метод автоматического контроля обработки долот при бурении скважин на нефть и газ // Материалы междунар. научн.-техн. конф. “Проблемы нефтегазового комплекса России”. Том 2. – Уфа: УНИ, 1998. – С. 33-37.
- Тенишев В.М. Контроль состояния шарошечного долота по показаниям моментомера // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2002. – №5. С. 13-17.
- Чигур І.І. Оперативний контроль спрацювання доліт при бурінні свердловин на нафту і газ // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – № 3. – С. 116-118.
- Описание износа буровых долот по международной системе кодов IADC. Технический бюллетень. – Hughes Christensen Company, 1996. – 16 с.
- Семенов Г.Н. Автоматизация процессу буріння свердловин: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1999. – С. 184-186.
- Способ определения неисправности шарошечного долота: А.с. 1543059 СССР, МКИ F 21 В 45/00 / Гутман И.Б., Мурадов А.Ф. (СССР). – №4284853/31-03; Заявлено 15.07.87; Опубл. 15.02.90, Бюл. №6. – 3 с.
- Муртазин А.С. Улучшение качества и показателей обработки долот применением ро-

торных моментометров // Современные проблемы буровой и нефтепромышленной механизации. – Уфа: Уфимский нефтяной технический университет, 1996. – С. 98-100.

8. Исакович Р.Я., Попадько В.Е. Контроль и автоматизация добычи нефти и газа. – М.: Недра, 1985. – 352 с.

9. Каталог разработок научно-исследовательского и проектно-конструкторского института автоматизированных систем управления транспортом газа. / НИПИАСУтрансгаз, ДП НИПИАСУтрансгаз “Информгазавтоматика”; Под ред. В.В.Безкоровайного, Н.А.Толоконникова. – Харьков, 1995. – 54 с.

10. Воротилов В.С. Автоматизированная станция контроля параметров бурения АМТ-100 // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2001. – №1. – С.27-29.

11. Пат.6152246 США, ММК⁷ Е 21 В 44/00/. Method and system for monitoring drilling parameters. King Charles H., Pinckard Mitchell D., Sparling Donald P., Weegh Arno O. Noble Drilling Services Inc. – №09/204384; Заявл. 02.12.98; Опубл. 28.11.00.

12. Устройство для измерения крутящего момента на роторе буровой установки: А.с. 1695157 СССР, МКИ G 01 L 3/10 / Б.А. Перминов – №4744327/10; Заявлено 19.06.89; Опубл. 30.11.91, Бюл. №44.

13. Каминскас В.А. Идентификация динамических систем по дискретным наблюдениям. Часть II. Оценивание параметров нелинейных систем. – Вильнюс: Мокслас, 1985. – 153 с.

14. Ку И.Х., Вольф А.А. Применение функционалов Вольтерра-Винера для анализа нелинейных систем // В кн.: Техническая кибернетика за рубежом / Под ред. В.В. Солодовникова. – М.: Машиностроение. – 1968. – С.166-185.

15. Винер Н. Нелинейные задачи в теории случайных процессов. – М.: ИЛ. – 1961. – 159с.

16. Staica P., Söderström T. Instrumental – variable methods for identification of Hammerstein systems – Int. J.Control. – 1982. – V95. – P. 459-476.

17. Семенцов Г.Н. Теорія автоматичного керування: Підручник. – Івано-Франківськ: Факел, 1999. – 610 с.

УДК 621.634. 622.32:658.564

СТРУКТУРА ПРИСТРОЮ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ І МІСЦЯ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ВИТІКАННЯ НАФТИ З НАФТОПРОВОДУ

О.В.Кучмистенко

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067,
e-mail: public@ifdtung.if.ua*

Рассматривается структура устройства с нечеткой логикой, которая разработана для автоматического определения места и времени несанкционированного отбора нефти с нефтепровода и два варианта принципиальных схем использования устройства в зависимости от способа определения несанкционированного отбора: «РАСХОД-ДАВЛЕНИЕ» и «ДАВЛЕНИЕ-ДАВЛЕНИЕ».

The structure of the device with fuzzy logic which is considered is developed for automatic definition of a place and time of the non-authorized selection of oil from an oil pipeline and two variants of basic circuits of use of the device depending on a way of definition of the non-authorized selection: "CHARGE - PRESSURE", and "PRESSURE - PRESSURE".

Визначення несанкціонованого відбору нафти з нафтопроводів на сьогодні здійснюється за допомогою оцінювання значень тиску і витрати, що контролюється на лінійних контрольних пунктах (КП) і нафтоперекачувальних станціях (НПС) системи телемеханіки [1]. Недоліком такої системи контролю є недостатня чутливість до несанкціонованих витікань нафти через малі отвори. Цей недолік можна усунути шляхом використання нечіткої інформації і методів нечіткої логіки. Для збільшення чутливості системи контролю запропонована структура пристрою з нечіткою логікою для визначення часу і напрямку до місця несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу відносно КП [2].

Пристрій призначений для раннього визна-

чення часу і місця аварійного витікання нафти з трубопроводу. Оцінка того, чи відбувається процес витікання, чи ні, приймається за результатами оцінки тиску і витрати на одній із ділянок трубопроводу, що знаходиться найближче до місця витікання. Прилад має три аналогові входи для підключення залежно від способу контролю, двох давачів тиску і одного давача витрати (рис. 1).

Пристрій призначений для встановлення на виході нафтоперекачувальної станції і контрольних пунктах, що розташовані вздовж трубопроводу. Він здатний оброблювати інформацію про витрату і тиски, і залежно від місця встановлення на НПС чи КП, а також способу роботи формувати рішення про місце і час витікання нафти.