

УДК 681.515

## ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ПОРОДОРУЙНІВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Г.Н.Семенцов, І.І.Чигур

ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(03422) 46067, 505941  
e-mail: chygur@nung.edu.ua

*Стаття посвячена аналізу основних концепцій створення автоматизованої системи контролю за технічним станом породоруйнівного інструменту в умовах інформаційної неопределенності процесу углублення скважини. Проаналізовано основні перемінні стани контролюваного об'єкта, і їх вплив на ефективність контролю за його технічним станом.*

*Article is devoted to the analysis of the basic concepts of creation the automated monitoring system for drilling tool technical condition in information uncertainty environment of well drilling process. It is analyzed the basic variable conditions of controllable object, and their influence on efficiency of its technical condition monitoring.*

У зв'язку з впровадженням в галузі комп'ютерно-інтегрованих технологій автоматизований контроль за технічним станом породоруйнівного інструменту в процесі поглиблення свердловин є актуальним науково-практичним завданням.

Проте аналіз літературних джерел [1-3] свідчить про недостатній обсяг проведених досліджень в цьому напрямку. Залишається не вирішеною проблема неперервного контролю за технічним станом доліт в умовах апріорної та поточної інформаційної невизначеності процесу поглиблення свердловин, який здійснюється в умовах дії різних перешкод.

Тому метою статті є визначення основних концепцій створення автоматизованої системи контролю за технічним станом породоруйнівного інструменту.

Використання різних методів спостереження за технічним станом породоруйнівного інструменту в процесі буріння свердловини веде, без сумніву, до отримання двох головних результатів: покращання продуктивності буріння і створення можливості керувати процесом на основі повної і вірогідної інформації про нього. Ці фактори впливають як на собівартість будівництва свердловини, так і на зменшення енергетичних затрат на буріння свердловини.

Донедавна методи контролю технічного стану породоруйнівного інструменту будувались на детермінованих моделях [1] і не давали бажаного результату, тому дослідники звернули увагу на апарат алгебри логіки.

Розвиток методів побудови логічних схем дав змогу створити методи контролю технічного стану доліт, що базуються на апараті Булевої алгебри. Але Булева алгебра розглядає лише вірні та хибні висловлювання, які не можуть мати ніякого третього значення. Окремі прості висловлювання можуть бути лише поєднані за допомогою логічних зв'язків у складні висловлювання, які теж можуть бути або істинними, або хибними.

Для втілення логічної задачі в схему автоматичного пристрою контролю треба було послідовно виконати таке:

- скласти опис роботи майбутнього пристрою;
- визначити кількість входів і виходів;
- скласти таблицю роботи автомата, що розробляється;
- на основі таблиці скласти структурну формулу пристрою автоматичного контролю;
- мінімізувати логічні функції;
- скласти функціональну схему пристрою, користуючись мінімізованою логічною функцією.

Після складання функціональної схеми вважали, що задача з конструювання пристрою завершена.

Але і такі методи контролю технічного стану доліт, що були побудовані на апараті алгебри логіки, теж не дали потрібного ефекту внаслідок високого рівня невизначеності процесу буріння.

Тому для створення методів спостереження за технічним станом доліт стали використовувати стохастичні моделі [2]. Але через високий рівень апріорної невизначеності процесу буріння і цей підхід до створення методів контролю технічного стану доліт в процесі буріння не дає бажаного результату.

Однак всі відомі підходи до розробки методів спостереження за технічним станом доліт мали спільні риси.

Справа в тому, що методи контролю технічного стану породоруйнівного інструменту розробляються, як правило, для отримання інформації лише про зношення оснащення  $\mu(t)$  і опор  $g(t)$  шарошkových доліт і не приділяється належної уваги контролю за технічним станом інших видів породоруйнівного інструменту: алмазних і лопатевих доліт, бурових головок калібраторів, розширювачів, центраторів, стабілізаторів.

Такі методи базуються насамперед на використанні класичної багатомірної моделі “вхід-вихід” технічного стану долота, що зображена на рис. 1.

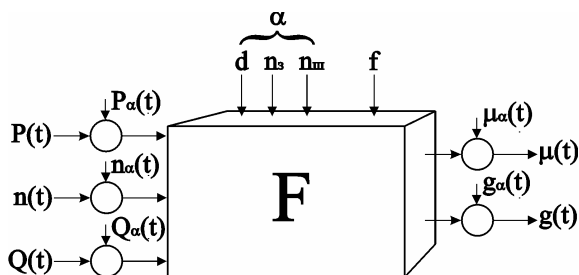


Рисунок 1 — Модель “вхід-вихід” контрольного об’єкта – шарошкового долота

На рисунку 1:

$P(t)$  – осьове навантаження на долото;

$n(t)$  – швидкість обертання долота;

$Q(t)$  – витрата промивального розчину;

$d$  – діаметр долота;

$n_s$  – кількість зубців на шарошках долота;

$n_m$  – кількість шарошок;

$P_\alpha(t), n_\alpha(t), Q_\alpha(t)$  – перешкоди;

$f$  – фізико-механічні і абразивні властивості неконтрольованих гірських порід;

$F$  – оператор, що встановлює зв’язок між параметрами режиму буріння  $P, n, Q$ , збурюючими впливами  $\alpha=[d; n_s; n_m], f$  і зношенням долота за оснащенням  $\mu$  і опорами  $g$ ,

$$\mu(t) = F_\mu[P(t), n(t), Q(t), \alpha(t), f(t)], \quad (1)$$

$$g(t) = F_g[P(t), n(t), Q(t), \alpha(t), f(t)]. \quad (2)$$

Оператори  $F_\mu$  і  $F_g$  встановлюють нелінійні співвідношення між  $\mu, g$  і іншими параметрами.

Оскільки контроль зносу оснащення  $\mu$  долота і його опор  $g$  можливо здійснити тільки після підйому його із свердловини, що є нерациональним, то використовують побічні показники технічного стану долота: механічну швидкість проходки  $v(t)$  і проходкою  $h(t)$ , які піддаються вимірюванню. В цьому випадку модель “вхід-вихід” перетворюється до вигляду зображеного на рис. 2.

На рисунку 2:

$h_\alpha(t), v_\alpha(t)$  – перешкоди;

$H$  – оператор, що встановлює зв’язок між механічною швидкістю проходки  $v$ , проходкою  $h$  і зносом оснащення  $\mu$  та опор  $g$  долота

$$v(t) = H_{v_1}[\mu(t)] + H_{v_2}[g(t)], \quad (3)$$

$$h(t) = H_{h_1}[\mu(t)] + H_{h_2}[g(t)], \quad (4)$$

де оператори  $H_{v_1}, H_{v_2}, H_{h_1}, H_{h_2}$  встановлюють нелінійні співвідношення між параметрами  $h(t), v(t), \mu(t)$  і  $g(t)$ .

Цей варіант моделі дає можливість дослідити, головним чином, вплив зношення оснащення долота  $\mu(t)$  на механічну швидкість проходки  $v(t)$  і проходку  $h(t)$ . Але слід враховувати, що опори доліт зношуються, як правило, швидше за оснащення, тому більш важливим є контроль опор доліт в процесі буріння. Ця задача контролю частково розв’язується за допомогою моделі, що зображена на рис. 3.

На рисунку 3:

$P$  – оператор, що встановлює зв’язок між комплексним показником технічного стану долота  $Y(t)$  і параметрами та показниками режиму буріння  $P(t), n(t), h(t), v(t)$ ,

$$Y(t) = P[v(t), h(t), P(t), n(t)], \quad (5)$$

$Y_\alpha(t)$  – перешкода.

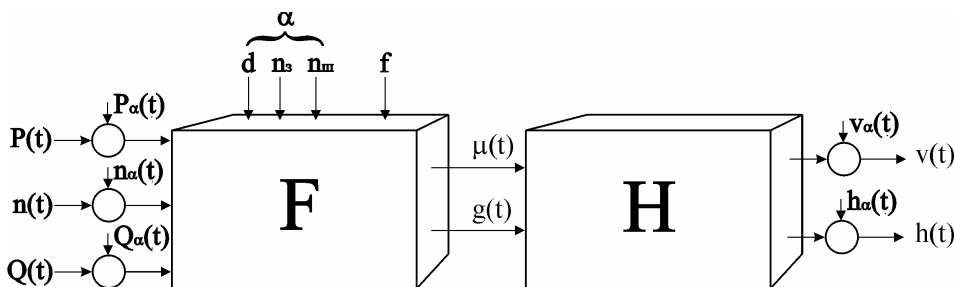


Рисунок 2 – Модель “вхід-вихід” контрольного об’єкта з вихідними параметрами, що піддаються неперервному контролю

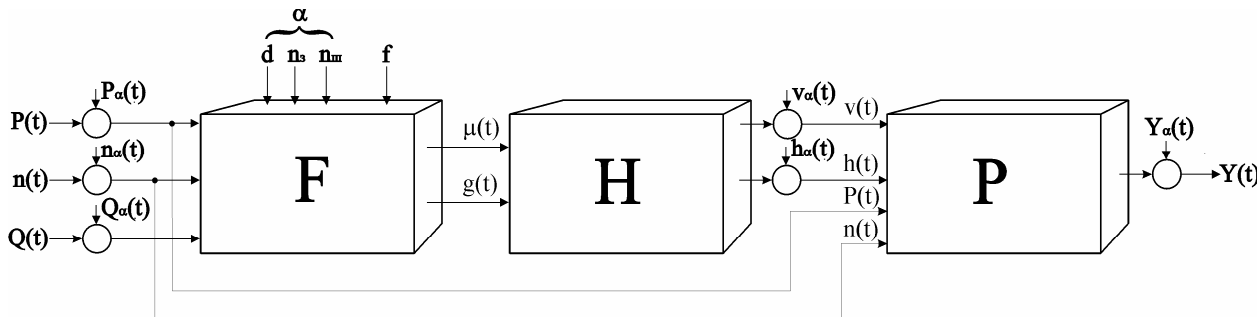


Рисунок 3 – Модель “вхід-вихід”, що встановлює зв’язок комплексного показника технічного стану долота з параметрами і показниками режиму буріння

Контроль, що може бути забезпечений використанням такої моделі, також не є оптимальним. Оптимальний спостерігач можна створити, користуючись методами синтезу, які розроблені для об'єктів з неповною інформацією. Для опису такого спостерігача будемо застосовувати метод простору станів [3].

Модель контрольованого об'єкта можна представити у змінних стану, як це показано на рис. 4.

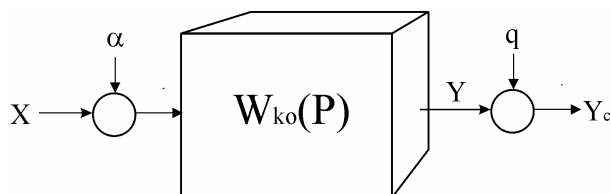


Рисунок 4 – Модель контрольованого об'єкта у змінних стану

На рисунку 4:

$$W_{ko}(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} - \text{матрична передавальна}$$

функція контрольованого об'єкта між вектором керування  $X(t) = [P(t), n(t), Q(t)]$  і вектором виходу  $Y(t)$ ,

$\alpha, q$  – перешкоди.

Припустимо, що на виході контрольованого об'єкта маємо сукупність стаціонарних незалежних один від одного сигналів  $y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)$  з нульовим математичним сподіванням і відомими кореляційними функціями  $R_{y_1}(\tau), R_{y_2}(\tau), \dots, R_{y_n}(\tau)$ . Цю сукупність випадкових сигналів можна розглядати, як випадковий  $n$ -вимірний вектор  $Y(t)$  з відомою матрицею-стовбцем кореляційних функцій  $R_y(\tau)$ .

Припустимо, що векторний випадковий сигнал  $y(t)$  недостатній для безпосереднього вимірювання, а замість нього за допомогою безінерційного перетворювача спостерігається, тобто вимірюється і обчислюється  $l$  – вимірний випадковий вектор  $y_{c1}(t), y_{c2}(t), \dots, y_{cl}(t)$ , що являє собою суму лінійної комбінації складових вектора  $Y(t)$  і похибки вимірювання (незалежної завади)  $q(t)$  у вигляді білого шуму з відомою інтенсивністю, тобто вектор, що спостерігається, дорівнює

$$Y_c(t) = C Y(t) + q(t), \quad (6)$$

де:  $C$  – відома постійна матриця розміром  $l \times n$  ( $l \geq n$ );

$q(t)$  –  $l$ -вимірний вектор білого шуму, який складається з  $l$  незалежних компонент  $q_1(t), q_2(t), \dots, q_l(t)$  і описується відомою матрицею-стовбцем інтенсивностей завад

$$S_{q_0} = [Sq_{01}, Sq_{02}, \dots, Sq_{0l}]^T. \quad (7)$$

Завдання створення оптимального спостерігача сформулюється так: із сигналу, що спостерігається  $Y_c(t)$  під час контролю технічного стану породоруйнівного інструменту, відокремити  $n$ -вимірний векторний сигнал  $\hat{y}(t)$ , який у певному сенсі найбільш близький до корисного сигналу  $Y(t)$  і є оцінкою сигналу  $Y(t)$ .

Для побудови оптимального спостерігача за технічним станом породоруйнівного інструменту як багатомірним динамічним об'єктом, треба мати достатньо повну інформацію про його змінний стану  $Y(t)$ . Але в реальних умовах буріння свердловин не всі компоненти вектора стану  $Y(t)$  доступні для вимірювання або відсутні відповідні датчики (моменту на долоті, механічної швидкості буріння), або деякі змінні в припущенні неможливо виміряти (фізичний знос оснащення  $\mu$  і опор долот  $g$ ). При цьому розмірність  $l$  вектора  $Y_c(t)$ , що спостерігається, менша від розмірності  $n$  вектора стану  $Y(t)$  і тому неможливо визначити всі змінні стану  $Y(t)$  згідно з рівняннями

$$Y(t) = C^{-1} Y_c(t), \quad (8)$$

де  $C$  – матриця спостереження розміром  $l \times n$  ( $l \geq n$ ).

В таких умовах задачу синтезу оптимального спостерігача за технічним станом породоруйнівного інструменту можна назвати задачею з неповною інформацією про стан контрольованого об'єкта.

Крім того, слід врахувати, що результати вимірювань проходки, осьового навантаження на долото, швидкості обертання долота та інших параметрів, які можна здійснити за допомогою простих технічних засобів, містять випадкові похибки, і задача синтезу спостерігача за технічним станом породоруйнівного інструменту стає задачею з неповною і неточною інформацією.

Отже, при створенні системи контролю за технічним станом породоруйнівного інструменту виникає завдання оцінювання всіх змінних вектора стану  $Y(t)$  на базі неповної і неточної інформації про його технічний стан. Для визначення найбільш ймовірних значень змінних  $Y(t)$  в контур необхідно ввести спеціальний пристрій оцінювання – спостерігач [4].

### Література

- Семенов Г.Н., Горбийчук М.И. О структуре критериев рациональной отработки долот // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – Львов: Вища школа, 1989. – С. 70-73.
- Стетюха Е.И., Голев А.А. Моделирование и оптимизация процесса отработки долота. // Нефтяная промышленность. Автоматизация и телемеханизация в нефтяной промышленности. – 1984. – № 2. – С. 14-19.
- Чигур І.І. Пристрій контролю показника працездатності доліт при бурінні свердловин на нафту і газ // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1997. – Вип. 34. – С. 126-131.
- Kästner W., Fenske A., Hampel R. Improvement of the robustness of Model-based Measuring Methods using Fuzzy Logic // World Scientific,

## ВПЛИВ СИСТЕМИ НЕПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ НА ЗМЕНШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ

Р.М.Лециї

ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067  
e-mail: kafatp@nung.edu.ua

*Предложен новый высокоэффективный метод непрерывного контроля комплексного показателя качества суспензионного поливинилхлорида –K в реакторе полимеризации. Источником информации служит поток электрической энергии, подаваемой к электродвигателю мешалки реактора полимеризации. Метод позволяет непрерывно анализировать качество латекса и уменьшить неопределенность состояния контролируемого объекта.*

*The author suggests a new, highly effective method of continuous control of the integral indicator of PVC quality (K) by the alterations of active power consumed by the electrical engine of the mixer of PVC (suspension) polymerization reactor.*

Контроль якості суспензійного полівінілхлориду (ПВХ-С) в процесі його виробництва є актуальним завданням у зв'язку з реалізацією інвестиційної програми розвитку нафтохімічного комплексу у м. Калуш.

На будівництві підприємства з виробництва ПВХ-С буде використана технологія останніх найсучасніших розробок. Зокрема, стоятиме реактор об'ємом 150 м<sup>3</sup> (для порівняння на виробництвах ПВХ у Словаччині, Македонії, Румунії, Хорватії використовуються реактори об'ємом від 12 до 25 м<sup>3</sup>).

Згідно з новою технологією передбачається впродовж цілого року не відкривати реактор для очистки. Реактори, що використовувалися у виробництві емульсійного ПВХ, відкривали майже кожний тиждень.

Якість продукту завдяки новим технологіям буде гарантована вища, ніж у конкурентів; більше того, виробництво стає дуже конкурентним, оскільки буде виробляти 300 тисяч тонн ПВХ на рік, що на порядок більше існуючих установок.

Проте аналіз літературних джерел [1-2] свідчить про недостатній обсяг проведених досліджень в напрямку використання неперервних методів контролю якості ПВХ-С і оцінювання впливу системи контролю на зменшення невизначеності стану контролюваного об'єкта.

Тому метою статті є оцінювання впливу розробленої системи неперервного контролю якості ПВХ-С на зменшення невизначеності стану неконтрольованого об'єкта – технологічного процесу полімеризації.

Процес полімеризації ПВХ-С як об'єкт контролю будемо характеризувати його технічним станом або просто станом. Множину станів об'єкта, при яких спостерігається однакова ефективність його функціонування у робочому режимі, будемо називати класом станів об'єкта. У загальному випадку стан об'єкта перед конт-

Апріорна інформація про характеристики процесу полімеризації ПВХ-С та їх зміни в часі дає змогу і без контролю стверджувати з відповідною ймовірністю, що стан об'єкта перебуває у визначеному класі станів. Проте контроль дає можливість покращити наші знання про справжній стан об'єкта, і вони стають більш вірогідними.

Припустимо, що стан процесу полімеризації ПВХ-С може перебувати в одному з  $N$  можливих класів станів, які створюють множину станів,

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_r, \dots, S_N\}. \quad (1)$$

Апріорні ймовірності того, що стан об'єкта перед контролем перебуває у відповідному класі станів, дорівнюють

$$\{P_0(S_1), P_0(S_2), \dots, P_0(S_r), \dots, P_0(S_N)\}. \quad (2)$$

Після проведення контролю ймовірність того класу станів об'єкта, в якому він дійсно перебуває, повинна збільшитися. Так було б, якщо б система контролю була ідеальною за вірогідністю. Тоді після контролю ймовірність класу станів, у якому дійсно перебуває стан об'єкта, буде дорівнювати одиниці. Але внаслідок похибок реальної системи контролю деяка невизначеність стану об'єкта залишається. Вона може бути виражена за допомогою апостеріорних ймовірностей класів станів

$$\{P(S_1), P(S_2), \dots, P(S_r), \dots, P(S_N)\}, \quad (3)$$

які характеризують перебування станів об'єкта у відповідному класі станів, якщо отримано конкретні результати контролю константи  $K$ . Ці ймовірності можна визначити, користуючись формулою Байеса [3].

Якщо, наприклад, система контролю вказала на належність стану об'єкта до  $\xi$ -класу, то ймовірність перебування стану об'єкта в  $\gamma$ -класі дорівнює