

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ПОГЛИНАННЮ ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ У ПРОЦЕСІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

М.В.Шавранський, О. І.Мосора, В.М.Шавранський

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067

e-mail: kafatp@ukr.net

Розглядається інформаційна система контролю і керування процесом буріння, призначена для прогнозування поведінки свердловини задовго до початку ускладнення, що дає змогу в спокійній обстановці прийняти технічно грамотні рішення і, зрештою, призводить до оптимізації процесу буріння. На основі експертних опитувань розроблено нечітку інформаційну модель у вигляді правил-продукцій, з метою запобігання поглинання промивальної рідини у процесі буріння свердловин на нафту і газ.

Ключові слова: поглинання, інформаційна система, процес буріння, промивальна рідина, запобігання, опитування.

Рассматривается информационная система контроля и управления процессом бурения, предназначенная для прогнозирования поведения скважины задолго до начала осложнения, которое дает возможность в спокойной обстановке принять технически грамотные решения и, в конечном итоге, приводит к оптимизации процесса бурения. На основе экспертных опросов разработана нечеткая информационная модель в виде правил-продукций, с целью предотвращения поглощения промывочной жидкости в процессе бурения скважин на нефть и газ.

Ключевые слова: поглощение, информационная система, процесс бурения, промывочная жидкость, предотвращение, опрос.

The informative checking and management of process of the boring drilling system is examined, which serves for prognostication of conduct of mining hole long before beginning of complication, which enables to accept technically competent decisions in a quiet situation and, in the end, results in optimization of process of the boring drilling. An unclear informative model is worked out as правил-продукцій, on the basis of the expert questioning, with the purpose of prevention of absorption of washing liquid in the process of well-drilling on oil and gas.

Keywords: absorption, informative system, process of the boring drilling, washing liquid, prevention, questioning.

Технологія буріння – це ключ до дослідження і видобування нафти, газу, геотермальної енергії і інших мінеральних ресурсів, а також для розробки інфраструктури, екологічного моніторингу і для наукового вивчення землі [1]. Удосконалення технології буріння знижує повну вартість буріння, скорочує терміни проведення буріння, підвищує успішність пошуку і видобування нафти і газу, покращує економічну конкурентоспроможність у галузі нафтового сервісу.

У процесі буріння свердловин виникають ситуації, коли характеристики деякої частини розкритого геологічного розрізу не відповідають фактичним технологічним регламентам проекту, що призводить до порушення нормального процесу поглиблення свердловини. Таку технологічну ситуацію називають ускладненням у бурінні. Це – поглинання бурових і тампонажних розчинів, флюїдопрояви, порушення цілісності свердловини і прихоплення колон труб [2].

Жодна свердловина не буриться без ускладнень. Під контролем за ризиком у процесі буріння розуміється локалізація і розв'язання нескладних проблем, що запобігає його перетворення в серйозне ускладнення. Грамотна оцінка ризику потенціальних ускладнень зводить виникнення неприємних сюрпризів до мінімуму [3], тому одним з резервів підвищення техніко-економічних показників буріння нафтових і

газових свердловин – своєчасна інформація про процес буріння.

Застосування різних приладів і засобів автоматизації з метою запобігання ускладнень поки що, внаслідок низки причин, не знайшло достатньо широкого застосування, хоча і має виключно важливе значення [4, 11].

Актуальним питанням контролю параметрів у процесі буріння є прогнозування поведінки свердловини задовго до початку ускладнення, що дає змогу в спокійній обстановці прийняти технічно грамотні рішення, і, зрештою, призводить до оптимізації процесу буріння. Такою системою може бути інформаційна система контролю і керування процесу буріння.

Інформаційна система процесу буріння – це система, що володіє чутливістю і можливістю пристосування до умов навколишнього середовища та можливістю з випередженням досягати бажаної якості процесу буріння. Ця система може передавати дані від вибою на поверхню, і може сама проводити керування, використовуючи телесистему, змінювати траєкторію буріння, коли параметри, виміряні системою контролю, відхиляються від очікуваних [1].

Інформаційна система буріння – це сукупність давачів, штучних нейромереж, і фаззі-логіки, як зображено на рис. 1.

Агрегування (Aggregation) представляє собою процедуру визначення ступеня істинності умов за кожним з правил системи нечіткого виводу.

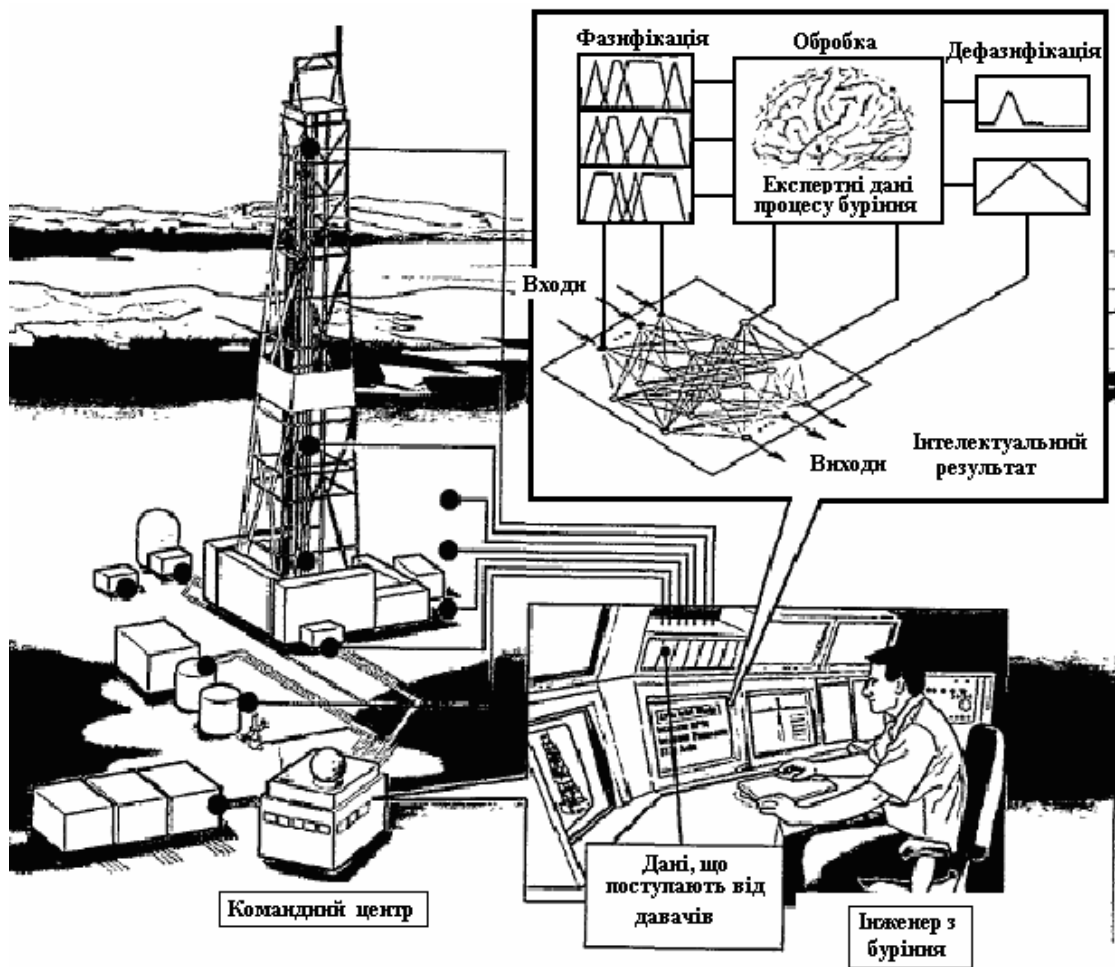


Рисунок 1 – Інформаційна система параметрів процесу буріння

Активізація (Activation) в системах нечіткого виводу представляє собою процедуру (або процес) знаходження ступеня істинності кожного з підвисновків правил нечітких продукцій. Активізація в загальному випадку аналогічна багато в чому композиції нечітких відношень, але не тотожна їй.

Акумуляція або акумулювання (Accumulation) в інформаційних системах нечіткого виводу представляє собою процедуру або процес знаходження функції для кожної з вихідних лінгвістичних змінних. Мета акумуляції полягає в тому, щоб об'єднати або акумулювати всі ступені істинності висновків (підвисновків) з метою отримання функції належності кожної з вихідних змінних. Причина необхідності виконання цього етапу полягає в тому, що підвисновки, які відносяться до однієї і тієї ж вихідної лінгвістичної змінної, належать різним правилам системи нечіткого виводу.

Дефазифікація (Defuzzification) в інформаційних системах нечіткого виводу представляє собою процедуру або процес знаходження звичайного (не нечіткого) значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних. Мета дефазифікації полягає в тому, щоб використовуючи результати акумуляції всіх вихідних лінгвістичних змінних, отримати звичайне кількісне значення кожної з вихідних змінних, яке може

бути використане спеціальними пристроями, зовнішніми за відношенням до системи нечіткого виводу. Пристрої і механізми, що застосовуються в сучасних системах керування, здатні сприймати традиційні команди у формі кількісних значень відповідних керуючих змінних. Тому дефазифікацію називають також приведенням до чіткості. Для виконання числових розрахунків на етапі дефазифікації можуть застосовуватись такі методи дефазифікації: центру тяжіння; центру тяжіння для одноточкових множин; центру площин; лівого модального значення; правого модального значення [5].

Як вже було зазначено, одним з ускладнень є поглинання бурових і тампонажних розчинів.

Поглинання промивної рідини – явище, при якому рідина, що закачується в свердловину, частково або повністю поглинається пластом. Зазвичай це відбувається під час проходження рідиною пластів з великою пористістю і проникністю, коли тиск пласта є меншим тиску стова промивальної рідини в свердловині.

Причини поглинання, гідродинаміка поглинаючого пласта, шляхи попередження поглинання, ліквідація поглинань і т.д. детально розглядаються в [2, 6-8], проте тут мало уваги приділяється питанню щодо запобігання (про-

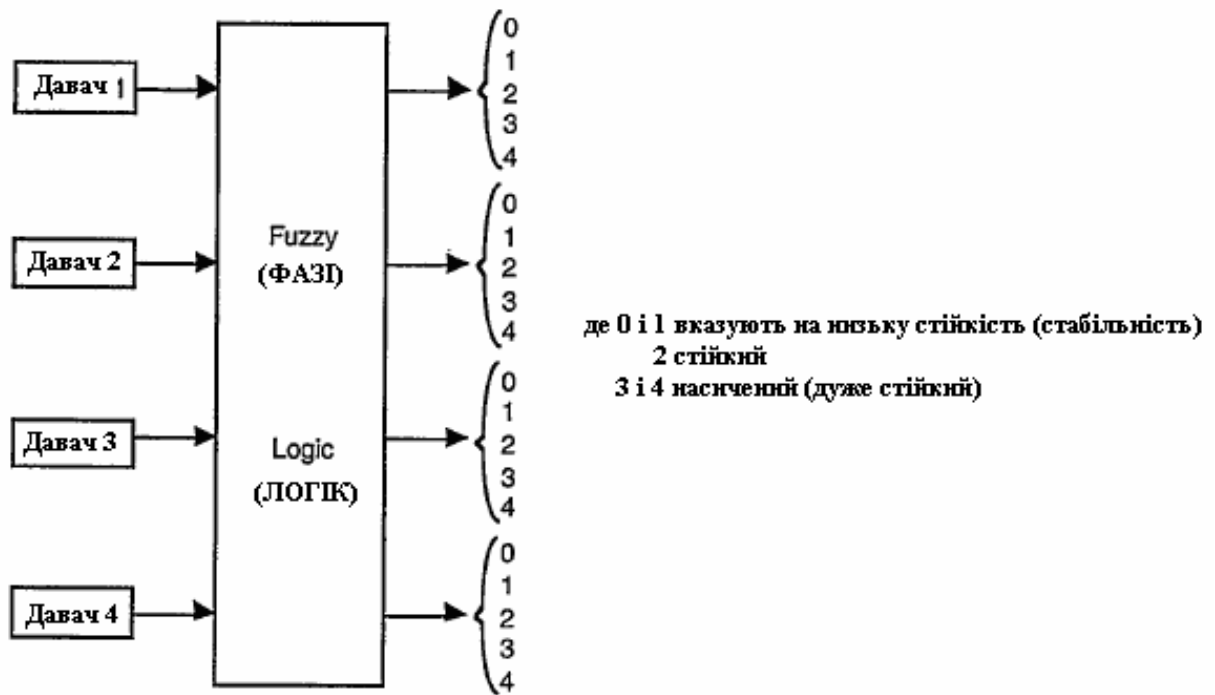


Рисунок 2 – Невизначені інформаційні дані нейромережі

гнозування) поглинання у процесі буріння свердловин на нафту і газ.

Для попередження поглинання застосовують низку технологічних методів (промивання полегшеними рідинами; ліквідація поглинання шляхом закупорювання каналів, що поглинають рідину; підвищення структурно-механічних властивостей промивальної рідини і т.п.). Проте, повного виключення поглинань домогтись неможливо.

За інтенсивністю поглинання може бути від слабкого до катастрофічного, коли вихід рідини на поверхню повністю припиняється.

Відомо [10], що основними інформаційними параметрами і показниками процесу буріння є: швидкість проходки (V), осьове навантаження на долото (F), швидкість обертання (N), крутний момент (M) і витрата (*циркуляція*) промивальної рідини.

Згідно експертних опитувань і аналізу літературних джерел [1-4,6-9] можна записати такі нечіткі дані для циркуляції промивальної рідини:

1. Якщо $0 \leq \text{ПТ} \leq 0.1$, втрата циркуляції промивної рідини (0);
2. Якщо $0.1 < \text{ПТ} \leq 0.5$, можлива втрата циркуляції (1);
3. Якщо $0.5 < \text{ПТ} \leq 0.9$, повільна циркуляція (2);
4. Якщо $0.9 < \text{ПТ} \leq 1$, нормальна циркуляція (якісне буріння), (3);
5. Якщо $\text{ПТ} > 1$, відмінна циркуляція (промивальна рідина влучає в ціль) (4), де ПТ (параметр потоку промивальної рідини) – відношення вихідного параметру до вхідного.

У даному випадку виходи невизначених даних 0, 1, 2, 3, 4 підходять під класифікацію нейромережі (рис. 2).

У процесі буріння свердловини в бурильній трубі відбувається збільшення (зменшення) рівня промивальної рідини. Параметр потоку рідини (ПТ) вимірюється в реальному часі і прирівнюється з нормованою величиною, для визначення відхилення від норми. Відхилення використовується диспетчером для встановлення напруги двигуна, щоб утримувати виміряний інформаційний параметр в межах бажаної норми потоку промивної рідини.

Ця проблема контролю є явно нелінійною, через особливість і нелінійність параметрів потоку. Таким чином, фаззи-контролер – це відповідний контрольний механізм, який сприймає дві вхідні змінні (потік, зміна потоку), щоб керувати напругою двигуна.

[ПТ] – потік промивальної рідини;
[d(ПТ)/dt], або **[pПТ]** – зміна потоку промивальної рідини.

Для побудови інформаційних правил продукцій були вибрані відповідні терми функцій належності.

ПТ: НВ (негативно великий), НМ (негативно малий), О (нульовий), ПМ (позитивно малий), ПВ (позитивно великий).

pПТ: п (позитивна), нуль (нульова), н (негативна).

НД (напруга двигуна, контроль напруги): ДВ (дуже висока), В (висока), С (середня), Н (низька), ДН (дуже низька).

Для пояснення кожної комбінації вхідних змінних складаємо правила-продукції на основі інформації експертів:

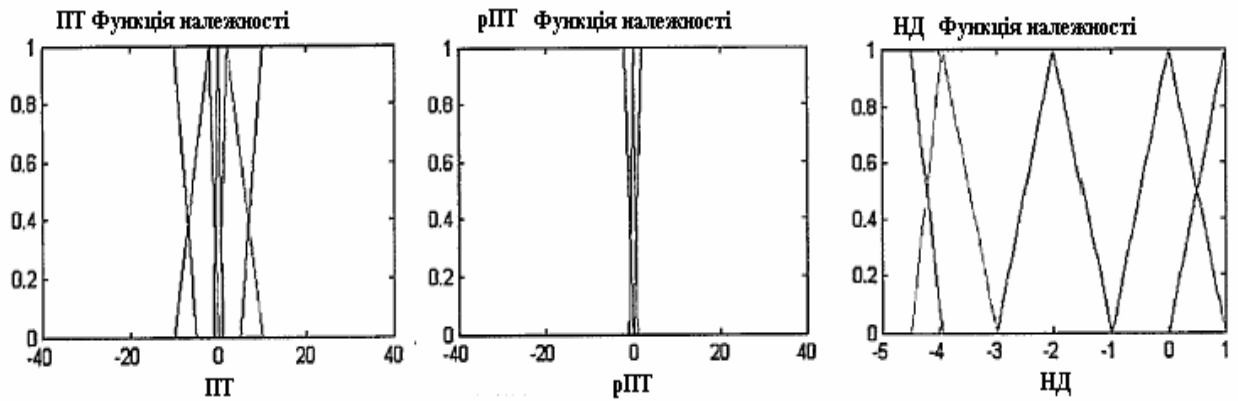


Рисунок 3 – Функції належності для змінних входу і виходу

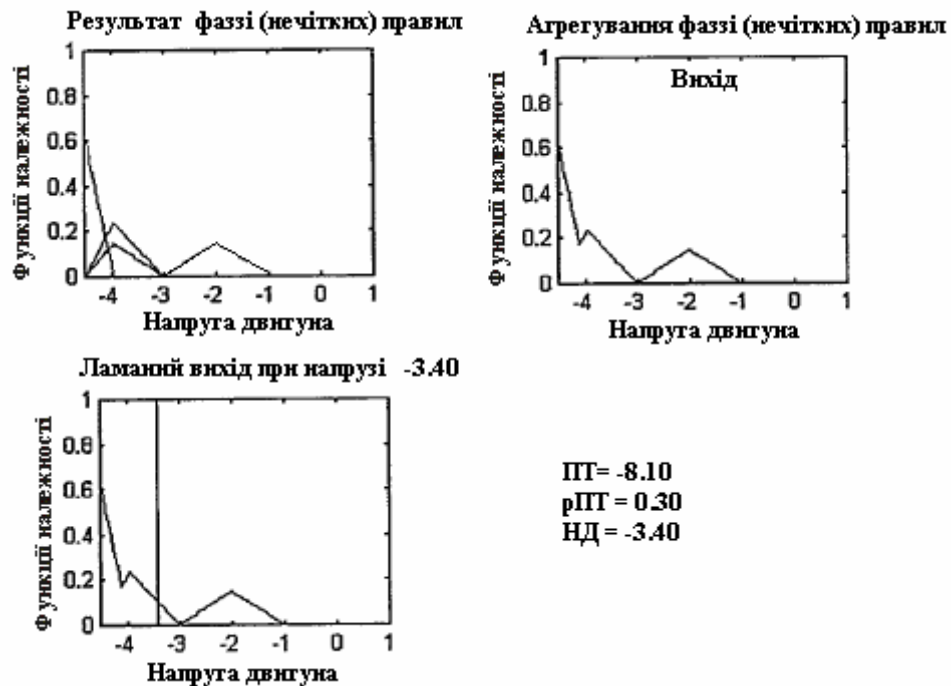


Рисунок 4 – Приклад застосування фаззи-контролю програми

ЯКЩО (ПТ ∈ нв) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ в)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ нв) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ дв)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ нв) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ дв)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ нм) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ в)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ нм) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ в)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ нм) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ с)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ о) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ с)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ о) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ с)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ о) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ с)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ пм) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ с)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ пм) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ нз)
ІНАКШЕ

ЯКЩО (ПТ ∈ пм) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ нз)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ пв) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ нз)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ пв) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ дн)
ІНАКШЕ
ЯКЩО (ПТ ∈ пв) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ дн).

Функції належності були побудовані вручну шляхом проб і помилок, щоб забезпечити найкращі можливості диспетчера роботи. Їх можна також налаштувати автоматично за допомогою фаззи-нейро контролю (у програмному середовищі Matlab). Остаточні функції належності зображені на рис. 3.

На рис. 4 зображено результат програми імітації для випадку коли параметр потоку промивальної рідини ПТ = - 8.1, швидкість зміни потоку рПТ = 0.3: напруга двигуна відповідно НД = -3.4. П'ять детальних кроків фаззи-керування.

Фазифікація: Створення функцій належностей для кожної змінної і складання правил-

продукцій на основі експертних опитувань (для нашого прикладу рис. 3 і 15 правил-продукцій).

Застосування фаззі-оператора: Збір вхідних значень від давачів. Виконання ранжування функцій належності з подальшим призначенням їх на основі вхідних значень.

Приклад: ПТ = -8.1 є негативно малий (НМ) і нуль (О), оскільки це є функція належності терму НМ, яку отримуємо за допомогою перетину трикутника $[-10 \ 2 \ 0]$, а також функція належності терму О отриману за допомогою трикутника $[-1 \ 0 \ 1]$; так само, рПТ = 0.3 є функція належності терму нуль (О) (трикутник $[-1 \ 0 \ 1]$) і Н (трапеція $[0 \ 2 \ 40 \ 40]$).

Застосування оператора залучення: Нечіткі зв'язки (відношення) дій, що застосовуються, визначені в правилах (наприклад 15 правил). Продовження прикладу, правила 4,5, 7 і 8 задовільняються, оскільки терми для (ПТ) негативно малий (НМ) і нуль (Н), і для - (рПТ) є нульова (Н) і негативна (Н).

Агрегування: Всі нечіткі інформаційні виводи з'єднані в єдиний нечіткий інформаційний вивід (вихід). Можуть застосовуватись різні методи. Найпопулярнішим є метод максимуму кривої.

Дефазифікація: Нечіткий інформаційний вихід включає дефазифікацію для знаходження виходу напруги (ламаної). Найпопулярніший метод дефазифікації базується на центроїді площі.

Висновок

Розроблено інформаційну нечітку модель у вигляді правил-продукцій, на основі експертної інформації (опитувань), для запобігання поглинання промивальної рідини у процесі буріння свердловин на нафту і газ.

За відомою інформацією про параметри процесу буріння, наведено конкретний приклад фаззі-керування і показано результат програми імітації для випадку, коли параметр потоку промивальної рідини ПТ = - 8.1, швидкість зміни потоку рПТ = 0.3: напруга двигуна відповідно НД = -3.4.

Література

1 Drilling and Excavation Technologies for the Future, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., (1994).

2 Мислюк М.А. Буріння свердловин: Довідник: У 5 т. / М.А. Мислюк, І.І.Рибчич, Р.С.Яремійчук. – К.: «Інтерпрес ЛТД», 2002. Т.5: Ускладнення. Аварії. Екологія. – 2004. – 376 с.

3 Управление риском в бурении /Уолт Алдрид, Шуйа Горайа, Дик Плам. США. Ян Бредфорд, Джон Кук, Видья Голкар, Джон Фулер. Англия. Лаем Казинс, Реджинальд Минтон Дин Такер. Шотландия/ «Ойлфилд Ревью», 1999. – С. 12-29.

4 Мальцев А.В., Дюков Л.М. Приборы и средства контроля процессов бурения. – М.: Недра, 1989. – 253 с.

5 Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.- СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

6 Ветров А.К., Коломоец А.В. Аварии в разведочном бурении и способы борьбы с ними. – М.: Недра, 1969. – 183 с.

7 Винниченко В.М., Гончаров А.Е., Максименко Н.М. Предупреждение и ликвидация аварий и осложнений при бурении разведочных скважин. – М.: Недра, 1991. - 170 с.

8 Коломоец А.В., Ветров А.К. Современные методы предупреждения и ликвидации аварий в разведочном бурении. – М.: Недра, 1977. – 200 с.

9 Шавранський М.В. Фаззі-моделювання для прогнозування прихоплень колони бурильних труб // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2001. – № 1. – С. 87-90.

10 Семенов Г.Н. Автоматизація процесу буріння свердловин: Навчальний посібник. Ч. 3 – Івано-Франківськ: Факел, 1998. – 191 с.

11 Автоматизація процесів переробки нафти та газу: Навчальний посібник / Г.Н. Семенов, М.І. Горбійчук, Л.І. Жуган, С.А. Чеховський. – Львів: Світ, 1992. – С. 225-294.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
04.03.10*

*Рекомендована до друку професором
Г.Н. Семеновим*