

КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

УДК 681.513.54

ЗАПОБІГАННЯ УСКЛАДНЕННЯ — ПОГЛИНАННЯ ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ У ПРОЦЕСІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

М.В.Шавранський, І.І.Чизур, В.М.Шавранський

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

e-mail: atr@nuing.edu.ua

Розроблено нечітку модель у вигляді правил-продукцій, на основі експертних опитувань, для запобігання поглинанню промивної рідини при бурінні свердловин на нафту і газ. Наведено конкретний приклад фаззи-керування і показано результат програми імітації для випадку коли параметр потоку промивної рідини $PT = -8.1$, швидкість зміни потоку $pPT = 0.3$: напруга двигуна відповідно $ND = -3.4$

Разработана нечеткая модель в виде правил-продукций, на основе экспертных опросов, для предотвращения поглощения промывной жидкости при бурении скважин на нефть и газ. Наведено конкретный пример фаззи-управления и показан результат программы имитации для случая когда параметр потока промывной жидкости $PT = 8.1$, скорость изменения потока $pPT = 0.3$: напряжение двигателя соответственно $ND = -3.4$.

An unclear model is developed as rules-products, on the basis of the expert questioning, for prevention of absorptions of washing liquid at well-drilling on oil and gas. The concrete example of fuzzy-control is resulted and the result of the program of imitation is rotined for a case when parameter of stream of washing liquid of $PT = -8.1$, speed of change of stream of $pPT = 0.3$: tension of engine accordingly $ND = -3.4$.

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

ризиків потенціальних ускладнень зводить виникнення неприємних сюрпризів до мінімуму [3], тому одним з резервів підвищення техніко-економічних показників буріння нафтових і газових свердловин – своєчасне визначення різних ускладнень.

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 інтелектуальна система контролю і керування процесу буріння.

Інтелектуальна система 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,

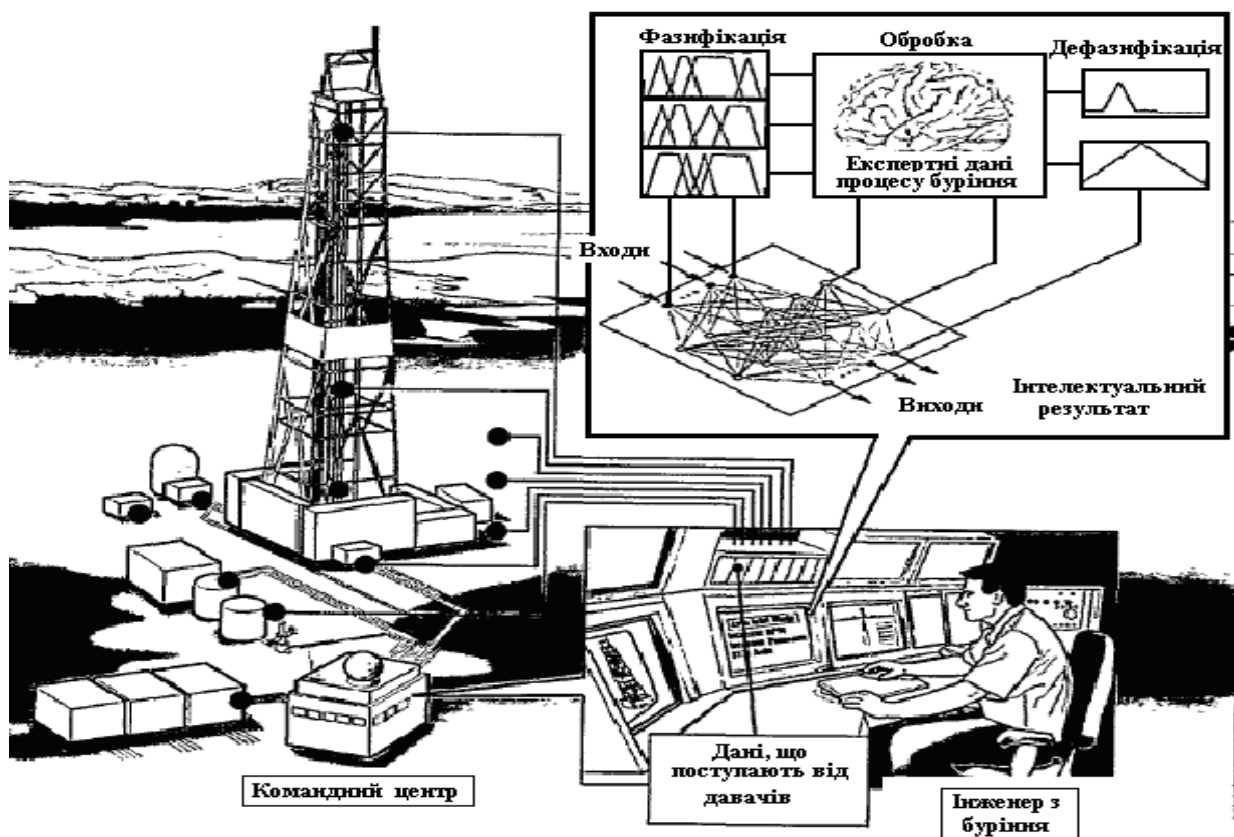


Рисунок 1 — Інтелектуальна система керування процесом буріння

коли параметри, виміряні системою контролю, відхиляються від очікуваних [1].

Інтелектуальна система буріння – це сукупність датчиків, штучних нейронних мереж, і фаззілогіки, як зображено на рис. 1.

Система нейронних мереж складається з трьох підмодулів: входу (введення даних), обробки даних і виходу (виведення даних), відповідно: фазифікація; обробка (агрегування, активізація, акумуляція); дефазифікація.

Під фазифікацією (Fuzzification) розуміється не тільки окремий етап виконання нечіткого виводу, але і власне процес або процедура знаходження функцій належності нечітких множин (термів) на основі звичайних (не нечітких) даних. Фазифікацію ще називають введенням нечіткості.

Метою етапу фазифікації є встановлення відповідності між конкретним (здебільшого, числовим) значенням окремої вхідної змінної системи нечіткого виводу і значенням функції належності відповідного їй терму вхідної лінгвістичної змінної. Після завершення цього етапу для всіх вхідних змінних повинні бути визначені конкретні значення функцій належності за кожним з лінгвістичних термів, які використовуються в підмовах бази правил системи нечіткого виводу.

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

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 багатьом в чому композиції нечітких відношень, але не тотожна їй.

Акумуляція або акумулювання (Assimilation) в 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 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 чіт-

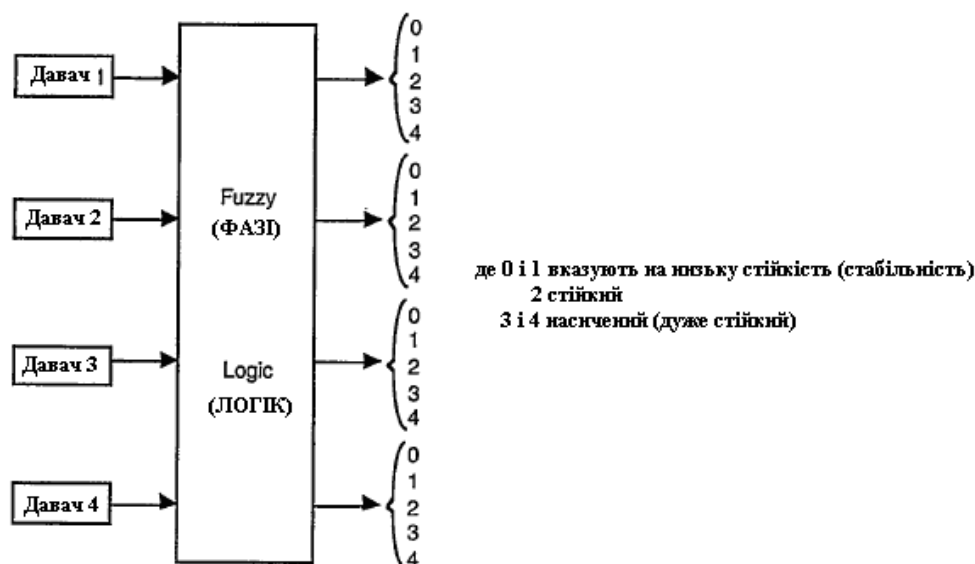


Рисунок 2 — Невизначені дані нейромережі

кості. 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 промивальної 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 стовпа промивальної рідини в свердловині.

Причини поглинань, гідродинаміка поглинаючого пласта, шляхи попередження поглинань, ліквідація поглинань і т.д. детально розглядаються в [2,6-8], проте тут мало уваги приділяється питанню щодо запобігання (прогнозування) поглиннанню 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 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 $0 \leq ПТ \leq 0.1$, втрата циркуляції промивної рідини (0);

2. Якщо $0.1 < ПТ \leq 0.5$, можлива втрата циркуляції (1);

3. Якщо $0.5 < ПТ \leq 0.9$, повільна циркуляція (2);

4. Якщо $0.9 < ПТ \leq 1$, нормальна циркуляція (якісне буріння), (3);

5. Якщо $ПТ > 1$, 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 вимірний параметр в межах бажаної норми потоку промивної рідини.

Ця проблема контролю є явно нелінійною, через особливість і нелінійність параметрів потоку. Таким чином, фаззі-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 правил-продукцій були вибрані відповідні терми функцій належності.

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

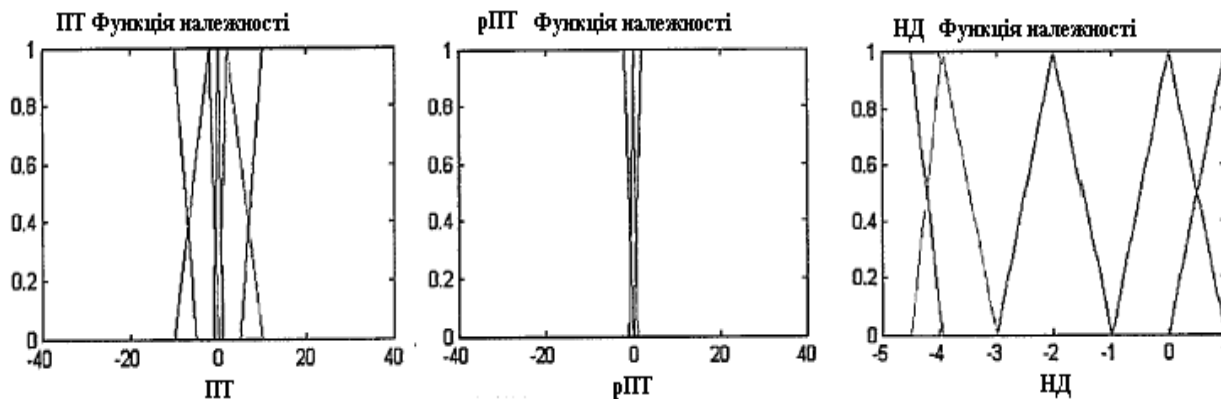


Рисунок 3 — Функції належності для змінних входу і виходу

рПТ: 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 експертних опитувань:

1. ЯКЩО (ПТ ∈ нв) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ в) ІНАКШЕ
2. ЯКЩО (ПТ ∈ нв) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ дв) ІНАКШЕ
3. ЯКЩО (ПТ ∈ нв) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ дв) ІНАКШЕ
4. ЯКЩО (ПТ ∈ нм) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ в) ІНАКШЕ
5. ЯКЩО (ПТ ∈ нм) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ в) ІНАКШЕ
6. ЯКЩО (ПТ ∈ нм) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ с) ІНАКШЕ
7. ЯКЩО (ПТ ∈ о) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ с) ІНАКШЕ
8. ЯКЩО (ПТ ∈ о) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ с) ІНАКШЕ
9. ЯКЩО (ПТ ∈ о) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ с) ІНАКШЕ
10. ЯКЩО (ПТ ∈ пм) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ с) ІНАКШЕ
11. ЯКЩО (ПТ ∈ пм) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ нз) ІНАКШЕ
12. ЯКЩО (ПТ ∈ пм) І (рПТ ∈ п) ТО (НД ∈ нз) ІНАКШЕ
13. ЯКЩО (ПТ ∈ пв) І (рПТ ∈ н) ТО (НД ∈ нз) ІНАКШЕ
14. ЯКЩО (ПТ ∈ пв) І (рПТ ∈ нуль) ТО (НД ∈ дн) ІНАКШЕ
15. 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 фаззі-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 змі-

ни потоку рПТ = 0.3: напруга двигуна відповідно НД = -3.4. П'ять детальних кроків фаззі керування:

Фазифікація: Створення функцій належностей для кожної змінної і складання правил-продукції на основі експертних опитувань (для нашого прикладу рис. 3 і 15 правил-продукції).

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 задовольняються, оскільки терми для (ПТ) негативно малий (НМ) і нуль (Н), і для - (рПТ) є нульова (Н) і негативна (Н).

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

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

Висновки

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

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.

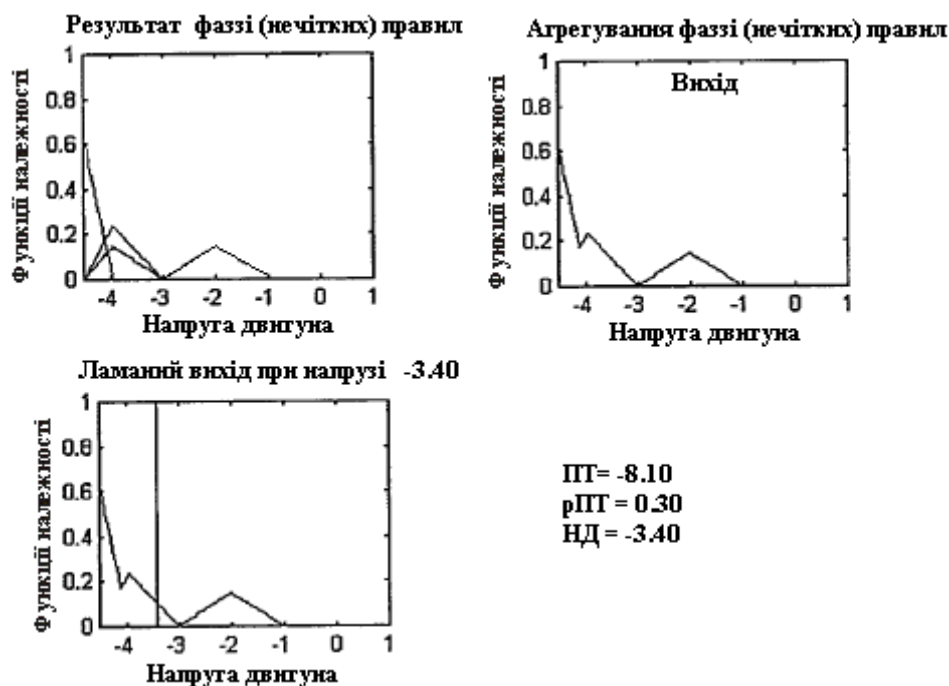


Рисунок 4 — Приклад застосування фаззі-контролю програми

Література

1 Washington D.C. Drilling and Excavation Technologies for the Future / D.C. Washington // National Research Council, 1994. – p. 22 – 70.

2 Мислюк М.А. Буріння свердловин: Довідник: У 5 т. / М.А.Мислюк, І.Й.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 Фуллер] – Англия. [Лаем Казинс, Реджинальд Минтон Дин Такер]. – Шотландия. Ойлфилд Ревью, 1999. – С. 12-29.

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

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

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

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

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

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

10 Семенцов Г.Н. Автоматизація процесу буріння свердловин: [навчальний посібник, ч.3] / Г.Н.Семенцов. – Івано-Франківськ: Факел, 1998. – 191 с.

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

Стаття поступила в редакційну колегію
26.02.09

Рекомендована до друку професором
Д. Д. Тимківим