

4-58

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ**

**Чигур Ігор Іванович**

УДК 681.5.622.24.051

4-58

**РОЗРОБКА МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ  
ШАРОШКОВИХ ДОЛІТ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ  
ПРОЦЕСУ БУРІННЯ**

05.11.13. Прилади і методи контролю та визначення складу речовин

**АВТОРЕФЕРАТ**

**ДИСЕРТАЦІЇ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ**

**КАНДИДАТА ТЕХНІЧНИХ НАУК**

**Івано-Франківськ - 2000**

Дисертацією є рукопис

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

Науковий керівник

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

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Заміховський Леонід Михайлович, Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри автоматизованого управління

кандидат технічних наук, Поважнюк Олексій Іванович, ВАТ "Оріана" м. Калущ, керівник служби КВП і А

Провідна установа:

ВАТ "Український нафтогазовий інститут", науково-дослідний відділ видобутку нафти, газу і кон

Зах  
Д 20  
м. Ів

З д  
уніе

Авт

Вче

зченої ради  
газу (76019,

технічного

гчук М.М.

*K/cx*



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Буріння свердловин – це складний технологічний процес, особливістю якого є нестационарність і взаємозв'язок більшості процесів, що виникають у стовбурі свердловини і навколишньому масиві гірських порід, а також винятковість різноманітності технологічних умов, що часто призводять до виникнення непрогнозованих ситуацій і необхідності прийняття кваліфікованого рішення в обмежений проміжок часу. Особливо це стосується питання контролю технічного стану долота, який безпосередньо визначає ефективність процесу буріння свердловин.

Аналіз результатів буріння нафтових і газових свердловин в Україні показує, що в ряді районів буріння більше 50% аварій у свердловинах є результатом перетримання доліт, а кількість доліт, що підняті передчасно, складає 15-20% від загальної кількості відпрацьованих доліт. Слід врахувати і те, що при бурінні долотами із заклиненними шарошками, внаслідок тертя останніх об вибій, має місце випадіння кульок запірного підшипника, внаслідок чого шарошки сходять з цапф і залишаються на вибої свердловини, створюючи аварійну ситуацію.

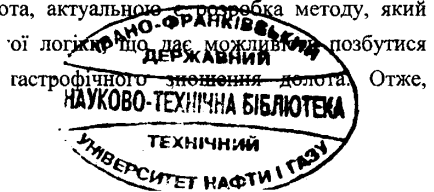
У зв'язку з цим цілий ряд питань, пов'язаних із контролем технічного стану доліт в процесі буріння свердловин, залишаються маловивченими і недостатньо розробленими. Використання відомих критеріїв, що базуються на детермінованих моделях роботи долота на вибої свердловини, не дозволяє ефективно здійснювати контроль за технічним станом долота, особливо в екстремальних технологічних ситуаціях.

У той же час, як показує практика, поточний контроль за технічним станом долота, незважаючи на невизначеність і складність процесу контролю, досить ефективно здійснює оператор-бурильник, використовуючи нечіткі якісні поняття. З врахуванням останнього, виникає необхідність у розробці і представленні в розпорядження оператора засобів аналізу технологічних ситуацій на буровій з метою контролю технічного стану долота в умовах невизначеності процесу буріння. Таким чином, розробка методу контролю, який дозволяє моделювати логіку міркувань оператора-бурильника при прийнятті рішення про заміну долота в процесі буріння, зумовлену його технічним станом (зношенням озброєння чи опору), є актуальною задачею, яка має важливе наукове і народногосподарське значення.

**Актуальність теми.** На основі критичного аналізу відомих методів і засобів контролю технічного стану шарошкових доліт у процесі буріння свердловин встановлено, що для контролю здебільшого застосовуються детерміновані емпіричні критерії, які не дають можливості отримати достовірну інформацію про технічний стан долота, оскільки ознаки катастрофічного зношення долота співпадають з ознаками таких передаварійних ситуацій і ускладнень, як вхід долота в зону з аномально високим пластивим тиском (зона АВІТ), утворення "сальників", осипання і обвал порід у свердловині. З врахуванням цих особливостей процесу, які створюють певну невизначеність у прийнятті рішення про заміну долота, актуальною є розробка методу, який базується на використанні логіки, що дає можливість уникнути катастрофічного зношення долота. Отже, невизначеності технологі



as979



актуальність теми зумовлена необхідністю вдосконалення існуючих та створення нового вискоєфективного методу контролю технічного стану доліт, що базується на використанні нечіткої інформації про роботу долота на вибої свердловини.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Вибраний напрямок досліджень є складовою частиною тематичного плану Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (ІФДТУНГ) і базується на результатах держбюджетної науково-дослідної теми № ДР Д-6/2 Ф “Наукові основи розробки експертної системи і нечітких алгоритмів для оперативного керування процесом буріння”, номер державної реєстрації в УкрНДНПТІ 0198U005799, яка входить в координаційний план “Наукові основи розробки нових технологій видобутку нафти і газу, газопромислового обладнання, поглибленої переробки нафти і газу з метою отримання високоякісних моторних палив, мастильних матеріалів, допоміжних продуктів і нафтохімічної сировини”. Вказаний план входить у національну програму “Нафта і газ України”.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу буріння і попередження аварійних ситуацій, за рахунок отримання інформації про фактичний стан долота на вибої свердловини, що досягається розробкою методу контролю технічного стану шарошkových доліт в умовах невизначеності процесу буріння.

Досягнення вказаної мети вимагає вирішення наступних логічно пов'язаних задач:

1. Розробки інформаційної моделі роботи долота на вибої свердловини.
2. Розробки логіко-лінгвістичних моделей ідентифікації зношення елементів долота, а також деяких передаварійних ситуацій і ускладнень, що виникають у процесі буріння і вносять невизначеність у результати контролю.
3. Розробки алгоритму контролю і структури пристрою контролю технічного стану шарошkových доліт.
4. Розробки методу контролю технічного стану шарошkových доліт в умовах невизначеності процесу буріння.

*Об'єкт дослідження* – процес буріння нафтових і газових свердловин шарошковыми долотами, які характеризуються зношенням при взаємодії з гірськими породами, а ознаки зношення долота співпадають з ознаками деяких передаварійних ситуацій і ускладнень, що породжує проблемну ситуацію – невизначеність результату контролю технічного стану долота, яка обрана для вивчення.

*Предметом дослідження* є розробка методу контролю технічного стану шарошkových доліт в умовах невизначеності процесу буріння.

*Методи дослідження.* Для досягнення поставленої в роботі мети проведені теоретичні дослідження з використанням методів теорії розмірностей при розробці інформаційної моделі

роботи долота; методів теорії нечітких множин і нечіткої логіки при розробці логіко-лінгвістичних моделей прийняття рішення про заміну долота; методів експертних оцінок при побудові функцій належності нечітких параметрів, що входять в алгоритм контролю; методів математичної статистики при дослідженні взаємозв'язків параметрів і показників процесу буріння; методів комп'ютерного моделювання при дослідженні розробленого методу контролю на основі експериментальних даних.

Експериментальні дослідження проводилися з використанням методу раціонального планування експерименту. Обробка результатів експериментів проводилася з використанням методів теорії подібності і математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Розроблено інформаційну модель технічного стану долота, на основі якої запропоновано ефективний критерій його контролю, який дозволяє запобігти передчасному підйому шарошkových доліт, тим самим поліпшуючи техніко-економічні показники буріння, чи перетримці долота на вибої свердловини, що попереджує виникнення аварійних ситуацій.

Вперше запропоновані і розроблені логіко-лінгвістичні моделі, що побудовані на нечітких правилах-продукціях, які дозволяють оператору-бурильнику приймати ефективні рішення не лише про заміну долота, обумовлену його технічним станом, але і про попередження аварійних ситуацій і ускладнень, викликаних входом долота в зону АВПТ, утворенням "сальників", осипанням і обвалами порід, тощо.

Розроблено алгоритм контролю технічного стану шарошkových доліт, який дозволяє моделювати логіку міркувань оператора-бурильника при прийнятті рішення про заміну долота, зумовленого зношенням його озброєння чи опор.

Вперше розроблений метод контролю технічного стану доліт, який базується на на логіко-лінгвістичних моделях прийняття рішень, що дозволяє збільшити вірогідність прийняття правильного рішення про заміну долота, зумовлену його станом (зношенням озброєння чи опор) з 0.5-0.8 до 0.9949.

**Практичне значення одержаних результатів.** Проведено комп'ютерне моделювання алгоритму контролю технічного стану шарошkových доліт на експериментальних даних, отриманих при відпрацюванні різних типорозмірів доліт у різних геолого-технічних умовах з режимними параметрами, яке показало його роботоздатність, збіжність і ефективність при високому рівні шумів у каналах передачі інформації, низькій частоті опитування давачів та при різних глибинах свердловин.

Синтезовано структуру пристрою контролю на серійних елементах, який може бути використано для контролю технічного стану шарошkových доліт різних типорозмірів, а також розширювачів і калібраторів.

Створено "Рекомендації по використанню методу і пристрою контролю відпрацювання доліт при бурінні свердловин на нафту і газ", направлені на зниження вартості бурових робіт та

зменшення аварійності в бурінні, які прийняті для впровадження при будівництві свердловин на промислах Прикарпаття.

Результати досліджень впроваджені в навчальному процесі в дисциплінах “Автоматизація технологічних процесів”, “Технічні засоби автоматизації” для студентів спеціальності 7.092501 – Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами; демонстраційний зразок пристрою впроваджений у вигляді лабораторного стенду.

Розроблений метод та рекомендації з його використання, прийняті для впровадження на бурових підприємствах України – Долинському та Надвірнянському УБР ВАТ “Укрнафта”. Очікуваний економічний ефект від впровадження складає 145 тис. грн.

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані автором особисто. Розроблено інформаційну модель технічного стану шарошкового долота і на її основі створено алгоритм автоматизованого контролю технічного стану долот [2,5,6,16]. Проаналізовано експертні знання з точки зору контролю технічного стану долота на вибої свердловини і на їх основі побудовано функції належності параметрів процесу буріння, розроблено базу знань, синтезовано і реалізовано структуру нечіткого алгоритму контролю технічного стану долот [8,10,17]. Досліджено вірогідність контролю технічного стану долот [7].

У співпраці з іншими науковими співробітниками розроблена класифікація алгоритмів визначення зміни властивостей випадкових величин та проведено математичний опис задачі контролю [1,3,4,9,11,12,13,14,15].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались і отримали позитивну оцінку на 3-ій Українській конференції з автоматичного керування “Автоматика 96” (м. Севастополь, 1996 р.); на міжнародних конференціях “Fuzzy 96”, “Fuzzy 99” (Німеччина, м. Ціттау, 1996, 1999 р.); на 5-ій міжнародній конференції “Нафта і газ України” (м. Полтава, 1998 р.); на міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми нафтегазового комплексу Росії”, присвяченій 50-річчю УГНТУ (Росія, м. Уфа, 1998 р.); на міжнародній науково-технічній конференції “ICAMC’98 and ASRTP’98” (Словаччина, м. Кошіце, 1998 р.); на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (1996-1999 рр.); на наукових семінарах кафедри автоматизації технологічних процесів і моніторингу в екології (1996-1999 рр.).

Матеріали дисертації доповідались на виїзному засіданні відділення автоматизації технологічних процесів і виробничо-господарської діяльності Української нафтогазової академії на ВАТ “Промприлад” (м. Івано-Франківськ, 1999 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень, які викладені в дисертації, опубліковано 17 робіт, у тому числі 10 статей (7 одноосібних) та 7 тез доповідей на міжнародних та науково-технічних конференціях.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, основних висновків і рекомендацій, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 205 сторінок і включає 28 рисунків на 15 сторінках, 9 таблиць на 4 сторінках, список використаних літературних джерел із 115 найменувань і 5 додатків на 67 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкрита сутність і стан наукової проблеми, та її значущість, підстави і вихідні дані для розробки теми, необхідності проведення досліджень, обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, викладено зв'язок вибраного напрямку досліджень з науковими програмами, планами, темами, сформульована мета і задачі досліджень, подані наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, визначений особистий внесок здобувача і дана інформація про апробацію результатів дисертації.

У першому розділі проведено огляд літературних джерел з питань контролю технічного стану доліт при бурінні свердловин на нафту і газ та вибрано напрямок досліджень.

Показано, що у нашій країні і за рубежом питанням контролю технічного стану доліт надається велика увага. Над вирішенням цієї наукової проблеми працюють фірми України, Росії, США, Великобританії, Франції, Канади та інші. Найбільш вагомий внесок в цьому напрямку зроблено такими вченими як Горбійчук М.І., Заміховський Л.М., Карпенко В.П., Міронов В.П., Онищенко В.Г., Політучий О., Сабітов Е.Х., Семенов Г.Н., Стетюха Е.Х., Турко А.А., Федоров В.С., Бінгхем М.Г., Вудс Х.Б., Габшвілі Н.В., Галле Е.М., Голев А.О. та іншими.

Наведені загальні відомості про процес буріння і бурові долота як контрольований об'єкт. Показано, що в процесі буріння свердловини основну роль відіграє долото, технічний стан якого зумовлює ефективність самого процесу буріння.

Удосконалена класифікація методів контролю технічного стану бурових доліт. На основі аналізу літературних джерел і тенденцій світового приладобудування визначено, що перспективними для контролю технічного стану доліт при бурінні свердловин є побічні методи, які базуються на контролі зміни механічної швидкості проходки і крутного моменту на долоті і тісно пов'язані зі станом озброєння і опор долота та властивостями гірських порід. Ці методи розробляються на основі статистичного аналізу характеристик процесу буріння і встановленні їх взаємозв'язку із технічним станом доліт.

Проаналізовані засоби контролю технічного стану доліт. З'ясовано, що розробка і впровадження нових засобів, які задовільняють вимоги технологічного контролю, пов'язані з

вирішенням комплексу інформаційних, технічних, екологічних і економічних проблем. З врахуванням цих проблем оцінені нові розробки в області контролю технічного стану доліт.

Проведений аналіз існуючих методів та засобів контролю показав, що на даний час відсутні засоби для контролю технічного стану доліт у процесі поглиблення свердловини, які забезпечують прийняття керуючих рішень з високою вірогідністю і швидкістю в умовах невизначеності процесу буріння.

Визначено, що у зв'язку з розвитком методів теорії нечітких множин створюється можливість організації нового підходу до розробки методів і засобів контролю технічного стану доліт, який полягає в застосуванні нечіткої логіки для розв'язання наукової задачі контролю технічного стану доліт в умовах невизначеності процесу буріння.

У другому розділі розроблені теоретичні положення методу контролю технічного стану шарошкових доліт в умовах невизначеності процесу буріння, розроблена математична діагностична модель шарошкового долота, сформульовані основні поняття і визначення нечіткої логіки, обгрунтована необхідність використання нечіткої логіки для контролю технічного стану шарошкових доліт у процесі буріння свердловин, представлені параметри режиму буріння у вигляді нечітких множин.

Стан долота, як об'єкта контролю, запропоновано характеризувати параметрами його стану (рис. 1),

$$Z(t) = Z[\mu(t), g(t)],$$

де  $\mu(t)$ ,  $g(t)$  – зношення озброєння і опор долота.

$$X(t) = [X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)]$$

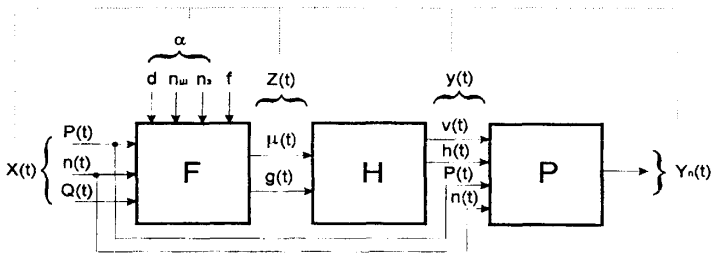


Рис. 1. Загальна модель об'єкта контролю – бурового долота

З множини зовнішніх впливів, які діють на долото, вибрані лише ті, які суттєво впливають на стан долота: вхідні керуючі впливи  $X(t)=[P(t), n(t), Q(t)]$ ; фізико-механічні і абразивні властивості  $f$  порід, які є неконтрольованими; контрольовані параметри об'єкта  $\alpha=[d, n_{ш}, n_{з}]$ , від яких залежать параметри стану долота. Тут  $P(t)$  – осьове навантаження на долото;  $n(t)$  – частота обертання долота;  $Q(t)$  – витрата промивального розчину;  $d$  – діаметр долота;  $n_{ш}$  – кількість



шарошок;  $n_i$  – кількість зубців на шарошках. Параметри стану долота  $Z_i(t)$  пов'язані з вхідними керуючими впливами  $X(t)$ , параметрами об'єкта  $\alpha$  і властивостями гірських порід  $f$  залежністю:  $Z_i(t) = F_i[X(t), \alpha, f, t]$ ,  $i=1,2$ .

Вплив стану долота на інші показники процесу буріння характеризується значеннями його вихідних величин  $Y(t)$  – проходки  $h(t)$  і механічної швидкості проходки  $v(t)$ , тобто  $y(t) = \{h(t), v(t)\}$ . Кожна з вихідних величин визначається через параметри стану  $z(t)$  своєю функціональною залежністю  $y_j(t) = H_j[Z(t), t]$ ,  $j=1,2$ .

У зв'язку з тим, що показники групи  $y$  не дають однозначної відповіді про стан долота, особливо опору, ввели додатково групу комплексних показників: потужність на долоті  $N(t)$ , момент на долоті  $M(t)$ , питомі енергозатрати  $a(t)$  та інші. Ця група показників контрольованого об'єкта визначається як деяка функція від вхідних і вихідних величин, тобто  $Y_{nk}(t) = P_k[X(t), y(t), t]$ ,  $k=1, \dots, d$ . Для правильного вибору контрольованих величин визначили клас задачі контролю технічного стану долота і в зв'язку з тим, що процес поглиблення свердловини є нестационарним випадковим процесом, що розвивається в часі, і між точками простору параметрів стану  $Z$  і простору спостережень  $Y_c$  немає однозначної відповідності, цей варіант контролю відповідає визначенню подій в умовах невизначеності. З'ясовані основні джерела невизначеності.

Структура досліджуваних функцій визначена методом аналізу розмірностей. При побудові критерію контролю технічного стану доліт згідно з відомими положеннями аналізу в системі одиниць  $L, M, T$  вибрані величини: момент на долоті  $M$ , частота обертання долота  $n$ , осьове навантаження на долото  $P$  і механічна швидкість проходки  $v$ , розмірності яких повинні об'єднуватися деякою функціональною залежністю  $f(M, n, P, v) = 0$ . З цих змінних можна утворити тільки одну безрозмірну величину

$$\Psi = Mn(Pv)^{-1}, \quad (1)$$

яка є відношенням потужності, що витрачається на обертання долота, до потужності, що витрачається на просування долота вздовж свердловини.

Величина  $\Psi$  буде постійною на стадії нормальної експлуатації долота при бурінні в ізотропних породах і зростатиме при переході долота в режим катастрофічного технічного стану.

Показник (1) піддається безперервному контролю і прийнятий за критерій контролю технічного стану доліт за опорою і озброєнням.

Наведені різновиди критерію (1):  $\Psi = Mn\varepsilon(Pv)^{-1}$  і  $\Psi = \beta M\varepsilon$ , де  $\varepsilon$  – оцінка відносного зношення озброєння долота,  $\beta = n(Pv_0)^{-1}$  – постійний коефіцієнт для даного рейсу долота.

Показник  $\Psi$  покладений в основу створення методу контролю технічного стану шарошкових доліт у процесі буріння свердловин. Він дозволив визначити перелік контрольованих параметрів  $X = \{P(t), n(t), v(t), M(t)\}$  і цілеспрямовано провести дослідження основних статистичних характеристик цих параметрів. Показано, що для впевненого визначення на тлі значних перешкод моменту завершення буріння за технічним станом долота необхідно додатково використати один із алгоритмів кумулятивних сум.

Аналіз алгоритмів визначення зміни властивостей випадкових величин показав, що у випадку апріорної невизначеності, яка має місце у буровій практиці, ефективний розв'язок поставленої задачі можна отримати за допомогою рекурентного G-алгоритму або GZ-алгоритму кумулятивних сум, який був запропонований раніше Г.Н. Семенцовим і М.І. Горбійчуком.

Показано, що цей алгоритм ефективний у випадку роботи долота в ізотропних породах. Однак під час поглиблення свердловини долото може перейти в гірські породи з іншими фізико-механічними властивостями, в зону АВПТ, може утворитися, так званий, "сальник", статися прихоплення долота, осипання і обвал порід, ознаками яких є також зміна крутного моменту і механічної швидкості проходки. Тому, користуючись тільки детермінованими алгоритмами і алгоритмом кумулятивних сум, здійснити ефективний контроль технічного стану долота в умовах такої невизначеності процесу буріння неможливо. Доведено, що ця нечітка ситуація повинна бути ідентифікована і використана для контролю технічного стану долота за допомогою логічних правил-продукцій у вигляді:

Р: ЯКЩО  $A_1, \dots, A_k$  ТО  $B_1, \dots, B_m$  ІНАКШЕ С.

де  $A_k$  – перелік умов;  $B_m, C$  – перелік дій.

Сформульовані основні поняття і визначення нечіткої логіки (Fuzzy Logic), яка є ефективним шляхом розробки, оптимізації і побудови дуже складних систем контролю на основі системного аналізу і базується, головним чином, на інтуїції експерта і досвіді інженера.

Розроблена структура фази-проекту системи контролю технічного стану долота (рис. 2).

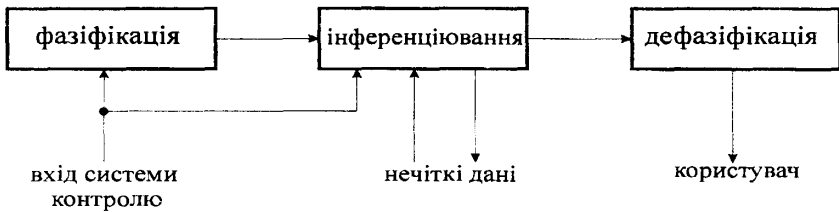


Рис. 2. Структура фази-проекту системи контролю технічного стану долота

Показано, що інформаційна обробка вихідної інформації складається з наступних основних процедур:

фазифікації – отримання із нечітких величин чітких діапазонів;

інференціювання – логічної обробки правил;

дефазифікації – перетворення лінгвістичних змінних виходу у неперервний вихідний сигнал.

Обґрунтована необхідність використання нечіткої логіки для контролю технічного стану долот у процесі буріння, виходячи з наявності двох основних типів невизначеності: випадковості та нечіткості.

Відмічено, що: тільки використання нечіткої логіки дозволяє здійснити контроль технічного стану долота в процесі буріння свердловини в умовах невизначеності, оскільки має місце значна кількість параметрів і показників процесу буріння (в тому числі і нелінійних), які вимагають врахування у математичній моделі; побудувати адекватну математичну модель для поставленої задачі контролю технічного стану долота в процесі буріння свердловини в умовах невизначеності неможливо; задача ефективного контролю технічного стану долота не розв'язується класичними методами.

Використання нечіткої логіки для розробки методу контролю технічного стану долота передбачає наступні етапи: формалізацію поставленої задачі контролю - визначення змінних, співставлення мовного опису з конкретними фізичними значеннями; розробки бази правил, які визначають стратегію контролю - ввід початкових правил і задання методу дефазифікації вихідних даних; оптимізація розробленої системи контролю - інтерактивний аналіз поведінки системи з використанням заздалегідь підготовлених промислових даних або за допомогою програмної моделі контрольованого об'єкту; реалізацію методу контролю.

Кількість термів, за допомогою яких експерти оцінювали параметри режиму буріння, прийнята рівною трьом: низький (Н), середній (С), високий (В).

Отримані нечіткі правила-продукції мають такий вигляд:

ЯКЩО  $P_{\min} < P < P_{\max}$  ТО

ЯКЩО  $v \in C_1$  І  $M \in B_1$  ТО "Зміна сил опору обертанню долота" ІНАКШЕ

ЯКЩО  $v \in B_2$  І  $M \in H_2$  ТО "Перехід долота в зону з аномально високим пластовим тиском"

ІНАКШЕ

ЯКЩО  $v \in H_3$  І  $M \in B_3$  ТО "Критичне зношення озброєння долота" ІНАКШЕ

ЯКЩО  $v \in H_4$  І  $M \in C_4$  ТО "Критичне зношення опор долота" ІНАКШЕ "Долото працює в нормальному режимі".

Тут:  $P_{\min}$ ,  $P_{\max}$  – граничні умови;  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  - нечіткі терми, відповідно "високий", "середній", "низький".

Функції належності параметрів, що входять у нечіткі правила-продукції, були побудовані методом статистичної обробки експертної інформації. Математична формалізація експертних знань, покладених в основу роботи алгоритму, здійснена в рамках теорії нечітких множин. У результаті обробки експертної інформації були отримані аналітичні вирази функцій належності для кожного параметра, що розглядався:

$$\tilde{\mu}^H(u) = 1 - 0.5u, \quad u \in [0,2];$$

$$\tilde{\mu}^C(u) = \begin{cases} u, & u \in [0,1), \\ 2 - u, & u \in [1,2]; \end{cases}$$

$$\tilde{\mu}^B(u) = 0.5u, \quad u \in [0,2],$$

де  $u$  – відображення конкретного параметру на універсальну множину  $U$ ;

$\tilde{\mu}(u)$  - функції належності нечіткого параметра  $u$  до нечіткої підмножини:  $\tilde{\mu}^H(u)$  - "низький";  $\tilde{\mu}^C(u)$  - "середній";  $\tilde{\mu}^B(u)$  - "високий".

Збір і обробка інформації здійснювалася згідно розробленої методики.

**У третьому розділі** наведено методичне, технічне і програмне забезпечення методу контролю технічного стану доліт.

Оскільки принциповою особливістю контрольованого об'єкту є недоступність контролю за станом долота шляхом прямих спостережень у процесі буріння, а також постійне віддалення об'єкта в міру поглиблення свердловини в роботі прийнята методика досліджень об'єкта, яка використовує пасивний план промислових експериментів з наступною обробкою експериментальних даних за допомогою кореляційно-регресивного аналізу та інших методів математичної статистики. Враховуючи, що контрольовані параметри пошкоджені завадами, особлива увага приділялась питанням вірогідності результатів експериментів.

Для отримання інформації про роботу долота в процесі поглиблення свердловин використовувався комплекс засобів наземного контролю і управління процесом буріння нафтових і газових свердловин СКУБ-М1 і система контролю "Карпати", які пройшли перевірку органами держнагляду.

Запис головних параметрів і показників процесу буріння проводився на діаграмну стрічку ресструючих приладів ДИСК-50, КСУ-2, Н3092. Одержані в результаті досліджень експериментальні дані оброблялися на ЕОМ за допомогою середовища Mathcad 7.0 стандартними програмами, що відповідали поставленим в роботі задачам.

Експериментальні дослідження технічного стану доліт проводилися на бурових установках Долинського УБР ВАТ "Укрнафта", які характеризуються великою складністю і різноманітністю умов буріння, використаної техніки і технології буріння свердловин.

Запропоновані методика і вимірювальна апаратура дозволили отримати безперервну інформацію про технологічні параметри і показники процесу буріння, що була використана для розробки і дослідження методу контролю технічного стану доліт.

**Четвертий розділ** присвячено розробці методу контролю технічного стану доліт в умовах невизначеності процесу буріння на основі лінгвістичного опису і аналізу промислових даних про роботу долота в режимі катастрофічного зношення, вибору частоти опитування давачів, DynStar і Реміконт – реалізації розробленого методу контролю, розробці алгоритмічної структури пристрою контролю технічного стану доліт.

Промислові дані отримані при бурінні свердловини №45 Танява Долинського УБР ВАТ "Укрнафта" долотами тилів III 215.9С-ГВ, III 215.9СЗ – ГВ, III 215.9МС-ГНУ, III 215.9С-ГВУ в породах поляницької свити Берегового зсуву при роторному способі буріння.

На основі промислових даних отримані стійкі кореляційні залежності енергетичних і технологічних параметрів процесу буріння шарошковими долотами, що дозволяють за зміною енергетичних показників процесу буріння визначити технічний стан опор і озброєння долота та попереджувати аварійні ситуації.

Методом найменших квадратів встановлено, що на стадії катастрофічного зношення опор долота зміна моменту  $M_{кр}$  у часі для різних типорозмірів доліт на різних глибинах апроксимується рівнянням експоненти з похибкою  $\Delta=0.015-0.01$

$$M_{кр} = M_{к0} e^{\varphi t}, \quad (2)$$

де  $M_{к0}$  - момент на долоті на початку стадії катастрофічного зношення,

$\varphi=0.2-0.6$  - показник степеня, який залежить від типорозміру долота, властивостей гірських порід і параметрів процесу буріння.

Аналогічним чином доведено, що закономірність зміни механічної швидкості проходки в часі при випереджуючому зношенні опор долота апроксимується рівнянням прямої лінії:

$$v_k(t) = v_{к0}(t) - \psi^* t, \quad (3)$$

де  $v_{к0}(t)$  - початкове значення механічної швидкості проходки на стадії випереджуючого катастрофічного зношення опор долота,

$\psi^*$  - коефіцієнт пропорційності.

Моделі (2) і (3) були використані для дослідження розробленого методу в режимі off-line.

Отримані багатофакторні залежності енергетичних і технологічних параметрів і показників процесу буріння свердловин, які дозволили визначити, що на формування потужності  $N$ , яка споживається двигуном приводу роторного столу, найбільший вплив мають осьове навантаження на долото  $P$  і крутний момент на долоті  $M$ :  $N=24.45 \cdot 10^{-5}M+49.26 \cdot 10^{-5}P+0.37v+226.3$ . Розрахункові коефіцієнти Фішера вище табличних для рівня значущості 0.01, що підтверджує адекватність моделі досліджуваному процесові.

Проведений аналіз оцінок автокореляційних функцій  $R_{pp}(\tau), R_{mm}(\tau), R_{NN}(\tau), R_{vv}(\tau)$  контрольованих параметрів і дисперсій похибок вимірювання, що дозволило визначити період опитування датчиків у межах 16-22 с, який забезпечує ефективний контроль технічного стану доліт у процесі буріння. Показано, що максимальна похибка вимірювання механічної швидкості проходки спостерігається при співпадінні кроку дискретизації  $\Delta t$  із закінченням чергової подачі бурильного інструмента.

Доведено, що зменшити відносну похибку вимірювання механічної швидкості проходки можна шляхом вибору адаптивного кроку дискретизації механічної швидкості проходки  $v(t)$  і визначення приросту проходки  $\Delta h$  в моменти загальмування барабана бурової лебідки. В цьому випадку досягається зменшення відносної похибки від нерівномірності подачі бурильного інструмента практично до нуля і сумарна відносна похибка стає рівною відносній динамічній похибці вимірювання, що підвищує точність контролю технічного стану доліт.

Встановлено, що оптимальним, з точки зору мінімуму систематичної похибки вимірювання механічної швидкості проходки, є крок дискретизації проходки, що дорівнює часу між двома черговими подачами бурильного інструмента. Експериментальними дослідженнями доведено, що цей час коливається в межах 10-30 с, що задовольняє вимоги точності вимірювання інших

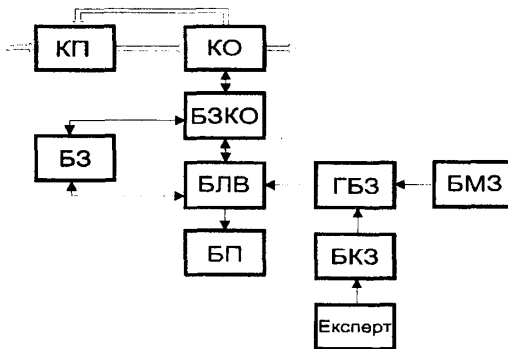
параметрів, крок дискретизації яких 16-22 с визначено за допомогою оцінок автокореляційних функцій  $R_{pp}(\tau)$ ,  $R_{nn}(\tau)$ ,  $R_{NN}(\tau)$ ,  $R_{vv}(\tau)$ .

Здійснено DynStar – реалізацію методу контролю технічного стану доліт, який базується на розробленому нечіткому алгоритмі контролю. Це дозволяє ідентифікувати в умовах невизначеності процесу буріння катастрофічне зношення долота, перехід долота в зону АВІТТ, зміну сил опору обертанню долота.

Запропонована Реміконт-реалізація розробленого методу контролю технічного стану доліт, яка дозволяє створити систему контролю на серійних мікропроцесорних контролерах, що забезпечує надійний контроль технічного стану доліт і попередження аварійних ситуацій.

З врахуванням характеру задач контролю і форми взаємодії з технологічним процесом буріння запропонована і розроблена структура пристрою контролю технічного стану долота і його програмна частина, що містить базу знань БЗ, блок логічного виводу БЛВ, блок зв'язку з контрольованим об'єктом БЗКО (рис.3).

Запропонована структура не є автономно функціонуючим програмним продуктом, а розроблена, як інтелектуальна надбудова існуючої на буровій системі контролю і керування. БЗ і БЛВ визначають дві основні характеристики контролю: спроможність зберігати знання і вміння керувати ними. При розробці БЗ враховувались такі особливості процесу буріння: наявність відносно незалежних блоків обладнання, динамічність функціонування, часта зміна ситуацій, поповнення масивів вимірюваних даних, що характеризують відробку долота.



КП – керуючий пристрій; КО – керований об'єкт; БП – блок пояснення і видачі результатів;

БКЗ – блок корекції знань.

Рис. 3. Структура пристрою контролю технічного стану доліт

Запропоновано структурувати знання, що дозволяє пристрою ефективно працювати в реальному масштабі часу, оскільки це прискорює процес прийняття рішень. БЗ розбита на незалежні блоки, кожен з яких дозволяє вирішувати певну задачу. Таким чином, глобальна база

знань ГБЗ структурно містить локальні бази знань, які в свою чергу містять блоки логічних правил і блоки нечітких даних.

При розробці методу контролю враховували, що при великому обсязі знань може виникнути проблема вибору локальної бази знань, яка безпосередньо бере участь у прийнятті рішень. У зв'язку з цим запропоновано використати метазнання, тобто знання пристрою контролю про себе, про свою структуру і про свою роботу. Блок метазнань БМЗ, що входить додатково в базу знань, дозволяє при зміні режиму буріння свердловини, виникненні аварії на буровій або при виході будь-якого контрольованого параметра за межі допустимих значень, вибрати необхідну для рішення проблеми локальну базу знань.

У п'ятому розділі проведений аналіз і узагальнення результатів дослідження методу контролю технічного стану доліт в умовах невизначення процесу буріння. На основі методів теорії ймовірностей досліджена точність і вірогідність контролю технічного стану шарошkových доліт, а також ефективність використання пристрою в промислових умовах.

Досліджена повна похибка вимірювань, що складається з похибок апаратури контролю, динамічної, похибки опитування давачів і похибки квантування за рівнем.

Показано, що похибки апаратури контролю вимірювальних трактів визначаються головним чином похибками давачів і перетворювачів, що входять до складу пристрою контролю технічного стану доліт. Границі допустимих значень приведеної основної похибки апаратури контролю, використаної в розробленому пристрої, змінюються в межах  $(\pm 0.5 - \pm 2.5)\%$ .

Відносна дисперсія динамічної похибки давачів незначна і не перевищує 0.02%. Динамічні похибки всіх давачів розподілені нормально і корелюють з похибкою квантування.

Оскільки глибина квантування в розробленому пристрої контролю технічного стану доліт  $\beta < 1$  і контрольована величина розподілена за нормальним законом, то оцінка математичного сподівання похибки квантування  $M_n = 0$ , дисперсія похибки квантування  $D_n = \frac{q^2}{12}$ , де  $q$  – інтервал дискретності. Поправки до цих значень при зміні глибини квантування від 1.0 до 0.33 дуже малі і коливаються в межах  $8.23 \cdot 10^{-10} + 3.5 \cdot 10^{-2}$  для  $M_n$  і в межах  $-2.6 \cdot 10^{-10} + 1.1 \cdot 10^{-2}$  для  $D_n$ , тобто фактичне значення дисперсії і похибки квантування залежить тільки від інтервалу дискретності  $q$  і має досить мале значення.

Враховано, що точність контролю технічного стану доліт залежить ще і від нестационарної методичної похибки, що виникає при опитуванні давачів. Оцінки математичного сподівання похибки  $M_\theta = 0$  і середньої дисперсії  $D_\theta$  визначені графо-аналітичним шляхом з використанням оцінок автокореляційних функцій  $R_{nn}(\tau), R_{pp}(\tau), R_{vv}(\tau), R_{NN}(\tau)$ .

Розглянуто вплив похибки заокруглення при обчисленнях на ЕОМ на точність рішення задачі контролю технічного стану доліт при умові, що похибки заокруглення, які виникають в окремих операціях, є взаємно незалежними випадковими величинами. Доведено, що похибка заокруглення незначна і суттєво менша за похибку апаратури контролю.

Досліджена вірогідність контролю технічного стану доліт, яка є мірою визначеності результатів контролю і основною характеристикою пристрою контролю, що оцінює якість інформації про технічний стан доліт.

Числове значення вірогідності контролю технічного стану доліт за допомогою розробленого методу складає  $\beta = 0.9949$ , що дає можливість отримати надійну інформацію про технічний стан шарошкових доліт у процесі буріння свердловин в екстремальних умовах і попереджувати аварійні ситуації.

Розрахована ефективність контролю технічного стану доліт за допомогою розробленого методу, яка складає 0.87 і підтверджує економічну доцільність застосування розробленого методу на бурових підприємствах.

Випробування методу контролю технічного стану доліт проведені на промислових даних, отриманих на свердловині №45 площі Тянява Долинського УБР ВАТ “Укрнафта” і матеріалах інших дослідників. Крім того розроблений метод впроваджений у навчальний процес у вигляді лабораторного стенду для студентів спеціальності 7.092501 Автоматизоване управління технологічними процесами.

В експериментальних дослідженнях і впровадженні результатів роботи брали участь к.т.н., доц. Я.Р. Когуч, інж. М.В. Шавранський, інж. Є.П. Майкович.

## ВИСНОВКИ

1. У дисертації наведено теоретичне узагальнення і вирішення наукової задачі, яка вимагає розробки нового методу контролю технічного стану шарошкових доліт в умовах невизначеності процесу буріння свердловин на нафту і газ.

Аналіз стану цієї задачі виявив відсутність загальноприйнятого методу контролю, на основі якого можна було б отримати достовірну інформацію про передаварійний технічний стан долота, оскільки ознаки катастрофічного зношення долота співпадають з ознаками деяких аварійних ситуацій і ускладнень, викликаних входом долота в зону АВІТ, утворенням “сальників”, осипанням і обвалом порід, тощо. Встановлено, що для опису стану доліт здебільшого застосовують детерміновані емпіричні критерії. Проте процес буріння шарошковими долотами є невідтворваним, стохастичним, нестационарним, з неповною інформацією і таким, що розвивається в часі. З урахуванням особливостей процесу і вимог до методу контролю, зумовлених також розв’язком комплексу технічних, інформаційних, екологічних і економічних проблем, проаналізовані нові розробки в області контролю технічного стану доліт у процесі буріння. Обґрунтовано перспективність методу, що базується на використанні нечіткої логіки, яка дає можливість подолати невизначеність технологічної ситуації на стадії катастрофічного зношення долота.

2. Шляхом математичного опису фізичних процесів роботи долота на вибої свердловини розроблена адекватна інформаційна модель передаварійного технічного стану долота, яка відображає причинно-наслідкові зв’язки технологічних параметрів із змінами технічного стану



доліт. Це дало можливість сформулювати ефективний критерій контролю предаварійного технічного стану доліт під час роботи на вибої свердловини, який дозволяє оцінити якість відпрацювання шарошkových доліт, запобігти їх передчасному підйому і перетримці, що забезпечує безаварійну проводку свердловини та підвищує техніко-економічні показники буріння.

3. Для рішення задачі контролю технічного стану доліт в умовах невизначеності вперше запропонований єдиний формалізм - логіко-лінгвістичні моделі, побудовані на нечітких правилах-продукціях. Розроблені логіко-лінгвістичні моделі, які доповнюють інформаційну модель, дозволяють оператору-бурильнику приймати ефективні рішення про заміну долота або попередження предаварійних ситуацій, що забезпечує безаварійну проводку свердловини.

4. На базі нечіткої логіки розроблено алгоритм контролю технічного стану доліт у процесі поглиблення свердловин, комп'ютерне моделювання якого показало його роботоздатність, збіжність і ефективність при високому рівні шумів у каналах передачі інформації, низькій частоті опитування давачів контрольованих параметрів ( $T=10-30$  с) і при різних глибинах свердловини.

5. На основі аналізу конструкцій існуючих пристроїв для контролю технічного стану доліт розроблена структура нового пристрою на базі комплексу засобів наземного контролю і управління процесом буріння нафтових і газових свердловин СКУБ-М1 і ЕОМ, та розроблені схемотехнічні рішення, що дозволило створити на основі серійних елементів демонстраційний зразок пристрою, який забезпечує високу вірогідність контролю технічного стану доліт при бурінні свердловин.

6. На основі результатів аналітичних і експериментальних досліджень вперше розроблено новий метод контролю технічного стану доліт, що працюють на вибої свердловини, який базується на розроблених логіко-лінгвістичних моделях прийняття рішень та на результатах досліджень відпрацювання шарошkových доліт типів ІІ 215,9 С-ГВ, ІІ 215,9 С-ГВУ, ІІ 215,9 СЗ-ГВ, ІІ 215,9 МС-ГНУ в складних гірничо-технологічних умовах Прикарпаття. Метод дозволяє збільшити вірогідність прийняття правильного рішення про підйом долота для заміни з 0.5-0.8 до 0.9949, суттєво підвищити точність розпізнавання предаварійних ситуацій і ускладнень, у тому числі зон АВПТ, що одночасно з високою ефективністю контролю технічного стану долота підвищує ступінь захисту навколишнього середовища від можливих викидів нафти і газу.

7. Розроблений у дисертаційній роботі метод реалізовано у вигляді комп'ютерних програм, які апробовані на промислових матеріалах, отриманих на площах Прикарпаття, і прийняті в промислову експлуатацію Долинським і Надвірнянським УБР ВАТ "Укрнафта". Очікуваний економічний ефект від впровадження на бурових підприємствах Прикарпаття становить 145 тис. грн.

Матеріали дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес при викладанні дисциплін "Автоматизація технологічних процесів", "Технічні засоби автоматизації" для студентів спеціальності 7.092501 – Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами, демонстраційний зразок пристрою впроваджений у вигляді лабораторного стенду.

Розроблений метод контролю технічного стану доліт можна рекомендувати для контролю технічного стану калібраторів і розширювачів та використати при проектуванні систем безаварійного буріння свердловин на нафту і газ.

### ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Семенцов Г.Н., Чигур І.І. Взаємозв'язки спрацювання зубців шарошкових доліт з показниками процесу буріння // Нафтова і газова промисловість.- 1999.- №2.- С. 27-30.
2. Чигур І.І. Інформаційна модель відпрацювання шарошкового долота при бурінні свердловин на нафту і газ // Методи та прилади контролю якості. -1999.- №3 - С. 34-37.
3. Чигур І.І., Горбійчук М.І., Семенцов Г.Н. Визначення частоти опитування давачів пристрою контролю технічного стану шарошкових доліт// Методи та прилади контролю якості. -1999.- №4.- С. 61-65.
4. Семенцов Г.Н., Чигур І.І. Математичний опис задачі контролю працездатності доліт при бурінні свердловин // Методи та прилади контролю якості. – 1998. - №2. – С. 45-49.
5. 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.
6. Чигур І.І.Автоматизований контроль показника працездатності шарошкових доліт при бурінні свердловин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. -1998. - №4.– С.165-169.
7. Чигур І.І. Вірогідність контролю працездатності шарошкових доліт в процесі буріння // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ.- 1997. Вип. 34(6). – С. 139-145.
8. Чигур І.І. Алгоритм автоматизованого контролю відпрацювання доліт при бурінні свердловин// Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ.Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ.- 1998. Вип. 35(6). – С. 32-41.
9. Семенцов Г.Н., Чигур І.І. Нечіткі моделі технологічних процесів і їх ідентифікація // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ.- 1996. Вип. 33(6). – С. 12-17.
10. Чигур І.І. DYNSTAR – Реалізація нечіткого алгоритму контролю технічного стану шарошкових доліт // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ.- 1999. Вип. 36(6). – С. 54-59.

11. G. Sementsov, I. Chigur The method of technical condition monitoring of rock bit during hole drilling basing on fuzzy logic// Proceeding of Fuzzy 99. Zittau. (Germany). - 1999. – P. 108-118.
12. Семенцов 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”, посвящен. 50-летию УГНТУ. - Т.2. – Уфа: УНИ. - 1998. – С. 33-37.
13. Sementsov G., Chigur I. The method and recurrent algorithms of cumulative sums for automatic monitoring of rock bit wear process during holes drilling // Proceeding of ICAMC'98 and ASRTP'98. High Tatras. (Slovak Republic). - 1998. – P. 175-178.
14. Sementsov G., Chigur I., Zhurakivski O. Fuzzy models of technological processes in oil and gas industry // Proceeding of Fuzzy 96. Zittau. (Germany). - 1996. – P. 296-302.
15. Семенцов Г.Н., Чигур И.И. Интеллектуальні засоби контролю технічного стану шарошkových доліт// Праці 5-ї Міжнар. конф. “Нафта і газ України”. Ч.2. Полтава. - 1998. – С. 128-129.
16. Чигур І.І. Метод і рекурентні алгоритми кумулятивних сум для автоматичного контролю спрацювання доліт при бурінні свердловин // Тези наук.-техн. конференції проф.-викладацького складу університету. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. - 1998. – С. 67-69.
17. Чигур І.І. Аналіз експертних знань з точки зору контролю технічного стану долота на вибої свердловини // Тези наук.-техн. конференції проф.-викладацького складу університету. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. - 1999. – С. 41-42.

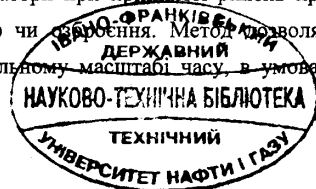
Крім цього результати роботи висвітлені в інших публікаціях, список яких наведений в дисертації.

## АНОТАЦІЯ

**Чигур І.І.** Розробка методу контролю технічного стану шарошkových доліт в умовах невизначеності процесу буріння. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – Прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2000.

Дисертація присвячена розробці методу контролю технічного стану доліт, що базується на аналізі нечіткої (нечислової) інформації про параметри процесу буріння.

Запропоновано новий метод контролю технічного стану шарошkových доліт на вибої свердловини, який включає в себе лінгвістичний опис технологічних ситуацій, що виникають в процесі буріння свердловин, і яким керуються технологи-оператори при прийнятті рішень про підйом долота для заміни в зв'язку із зношенням його опор чи озброєння. Метод дозволяє контролювати стан опор і озброєння шарошkových доліт у реальному масштабі часу, в умовах



геолого-технологічної невизначеності, що дає можливість досягти вищих техніко-економічних показників процесу буріння та запобігти виникненню аварійних ситуацій.

Основні результати роботи знайшли промислове впровадження на бурових підприємствах України, а також у навчальному процесі.

Ключові слова: метод, контроль, долото, технічний стан, невизначеність, логіко-лінгвістична модель.

## АННОТАЦІЯ

*Чигур И.И.* Разработка метода контроля технического состояния шарошечных долот в условиях неопределенности процесса бурения. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля и определения состава веществ. – Ивано-Франковский государственный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2000.

Диссертация посвящена разработке метода контроля технического состояния долот, базирующимся на анализе нечеткой (не числовой) информации о параметрах процесса бурения.

Предложен новый метод контроля технического состояния шарошечных долот на забое скважины, включающий в себя лингвистическое описание технологических ситуаций, которые возникают в процессе бурения скважин, и которым руководствуются технологи-операторы при принятии решений о подъеме долота для замены в связи с износом его опор или вооружения. Метод позволяет контролировать состояние опор и вооружения шарошечных долот в реальном масштабе времени, в условиях геолого-технологической неопределенности, что дает возможность достичь более высоких технико-экономических показателей процесса бурения и предотвратить возникновение аварийных ситуаций.

Основные результаты работы нашли промышленное внедрение на буровых предприятиях Украины, а также в учебном процессе.

Диссертация состоит из вступления, пяти разделов и приложений.

Во *вступлении* обоснована актуальность работы, сформулированы цели и практическая ценность работы, отображены основные результаты работы, которые выносятся на защиту.

В *первом разделе* проведен критический анализ методов и технических средств контроля состояния шарошечных долот в процессе бурения скважин на нефть и газ. Усовершенствована классификация методов контроля технического состояния долот. Проанализированы методы контроля технического состояния долот, на основе которых оценены новые разработки в этой области. Отмечено, что в связи с развитием методов теории нечетких множеств имеется возможность организации нового подхода к разработке методов контроля технического состояния долот, основанном на применении нечеткой логики для решения научной задачи контроля

состояния долот в условиях неопределенности процесса бурения и выбрано направление исследований. Приведены общие сведения о процессе бурения и буровых долотах, как о контролируемом объекте и выбрано направление исследований.

Во *втором разделе* разработаны теоретические положения метода контроля технического состояния шарошечных долот в условиях неопределенности процесса бурения и математическая диагностическая модель шарошечного долота. Проведено обоснование использования положений нечеткой логики для контроля состояния шарошечных долот. Сформулированы основные понятия и определения нечеткой логики, на основе которой в виде правил-продукций создана нечеткая математическая модель контроля технического состояния шарошечных долот. Параметры процесса бурения представлены в виде нечетких множеств, что позволило реализовать разработанный метод контроля с помощью серийных технических средств.

В *третьем разделе* разработано методическое, техническое и программное обеспечение метода контроля состояния долот. Предложены методика и измерительная аппаратура, необходимая для получения непрерывной информации о технологических параметрах и показателях процесса бурения, которая была использована при разработке и исследовании метода контроля состояния шарошечных долот.

*Четвертый раздел* посвящен разработке метода контроля технического состояния долот в условиях неопределенности процесса бурения на основе лингвистического описания, полученного в результате анализа промысловых данных о работе долот в режиме их катастрофического износа. Обоснован выбор частоты опроса датчиков системы контроля. Осуществлено реализацию разработанного метода контроля на базе DynStar и Ремиконт. Разработана алгоритмическая структура устройства контроля технического состояния долот.

В *пятом разделе* проведен анализ и обобщение результатов исследований метода контроля технического состояния долот в условиях неопределенности процесса бурения. Исследована общая погрешность измерений параметров процесса бурения. На основе методов теории вероятностей исследована точность и достоверность контроля технического состояния шарошечных долот, а также эффективность использования устройства в промысловых условиях. Рассчитана эффективность контроля технического состояния долот с помощью разработанного метода.

Результаты исследований использованы в учебном процессе при изучении дисциплин “Автоматизация технологических процессов”, “Технические средства автоматизации” для студентов специальности 7.092501 – Автоматизированное управление технологическими процессами и производствами. Демонстрационный образец устройства контроля технического состояния долот внедрен в учебный процесс в виде лабораторного стенда. Разработанный метод и рекомендации по его использованию приняты для внедрения на буровых предприятиях Украины:

Долинском и Надворнянском УБР ОАО “Укрнефть”. Ожидаемый экономический эффект от внедрения составляет 145 тыс. грн.

Ключевые слова: метод, контроль, долото, техническое состояние, неопределенность, логико-лингвистическая модель.

## THE SUMMARY

*Chigur I.I.* Development of a method of check of availability index of product of rock bit in conditions of equivocation of process of boring. - Manuscript. The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.11.13 - Instruments both methods of check and definition of structure of matters. - Ivano-Frankivsk State Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2000.

The dissertation is devoted to development of a method of check of availability index of product of chisels basing on analysis fuzzy (not numeric) information on arguments of process of drilling

The new method of check of improvement of rock bit on a bottom hole including the linguistic specification statement of technological situations, arising is proposed during well boring, and by which one the technologists - operatives are guided at acceptance of the decisions about rise of a chisel for substitution in connection with its wear. The method allows to monitor a state of bearings and arms of rock bit is continuum and realtime, in conditions of technological equivocation, that allows to achieve higher technical and economic indexes, and also to drill wells on oil and gas without emergencies

The basic results of work are introduced at the chisel enterprises of Ukraine and in educational process.

Key words: a method, check, chisel, availability index of product, equivocation, logician-linguistics model.

