

Ее преимуществами являются: наибольшее количество датчиков, наилучшая отказоустойчивость и высокая гибкость.

Данный метод выбора оптимального варианта сочетания «диагностическое оборудование + компьютерная обработка результатов диагностики» предусмотрен для решения проблемы проведения экспериментальных исследований по изучению режимов работы любого горнотехнического оборудования в реальном масштабе времени.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. www.prosoft.ru, способ доступа – <http://www.prosoft.ru/>
2. Roy, B. – Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE), - RIRO (Revue Internationale de Recherche Operationnelle), no. 8, marsavril, 1968.

**УДК 681.5:622.24**

Асп. С.Ю. Семенов (НГУ)

### **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ БУРЕНИЯ**

Сделано попытку проанализировать современное состояние автоматизации процессов бурения, определить общие тенденции развития отрасли, классифицировать предыдущий опыт по ряду критериев (системы управления технологическими параметрами, системы мониторинга технического состояния, научное обоснование методов и систем автоматизации процессов бурения). Исходя из выявленных тенденций, выбрано направление исследований и предложена концептуальная модель системы диагностики и управления процессами бурения.

### **ANALYSIS OF UP-TO-DAY METHODS AND SYSTEMS OF DIAGNOSTICS AND CONTROL OF DRILLING PROCESS**

Attempts are made to analyze up-to-day state of automation of drilling process, to define general branch development tendencies, to classify previous experience by the number of criteria (systems of control of technological parameters, systems of monitoring of technical state, scientific substantiation of methods and systems of drilling process automation). The research direction is chosen according to shown tendencies. The conceptual model of system of diagnostics and control of drilling process is suggested.

Зі світового досвіду відомо, що впровадження систем автоматизації технологічних процесів в середньому вдвічі зменшує всі види витрат даного виробництва. Особливість процесів буріння свердловин полягає в тому, що вони є нестационарними, стохастичними, розвивається в часі і протікають в умовах значної апріорної невизначеності. Складні гірничо-геологічні умови і значні глибини, які характеризують буріння свердловин в Україні, вимагають значних фінансово-матеріальних та енергетичних затрат.

З іншого боку, в умовах обмеженого державного фінансування, коли відбувається старіння матеріально-технічної бази бурових підприємств, важливого значення набувають питання моніторингу технічного стану бурового обладнання, адаптивної ідентифікації та оперативного керування процесами буріння.

Метою даної роботи є визначення напряму дослідження та розробки методів

і системи адаптивної ідентифікації та управління процесами буріння свердловин.

Попередній досвід в галузі автоматизації процесів буріння можна класифікувати за трьома основними ознаками:

I. Автоматизовані системи управління технологічними процесами спорудження свердловин;

II. Системи діагностики та моніторингу технічного стану бурового обладнання та інструменту;

III. Наукове обґрунтування та розробка методів й алгоритмів управління процесами буріння.

I АСУ технологічними процесами спорудження свердловин, як правило розробляються виробником бурового обладнання і позиціонується або як складова частина пропонованого бурового обладнання, або як окреме закінчене рішення, яке проектується “під ключ”.

До речі, генезис систем автоматизації процесів буріння починався саме з систем першого типу. Так, Японська фірма “Кокен Борінг Машінз” проектує бурові верстати з комп'ютерним керуванням з 1979 р. Наприклад, у 1981 р. був розроблений буровий верстат СВК-К-10А з програмним керуванням. Ця модель являє собою малогабаритний гідравлічний верстат з інтегрованою мікро-ЕОМ, який призначений для геологічної зйомки та буріння цементувальних свердловин глибиною до 100 м при будівлі дамб і гребель. Розробники обґрунтовано вважали, що ефективність і безпека буріння значно залежать від кваліфікації оператора-бурильника. Тому цілком розробки бурового верстата із інтегрованою ЕОМ складається в забезпеченні високої надійності, ефективності і безпеці роботи при бурінні верстатом незалежно від кваліфікації бурильника і, тим більше, у відкритті можливості автоматичного буріння верстатом свердловини заданої глибини в невідомих гірничо-геологічних умовах. Система керування збирає інформацію по шістьом параметрам і по заданій програмі робить оптимальне керування верстатом; спуско-піднімальні операції також автоматизовані. Фахівці фірми затверджують, що застосування верстатів із програмним керуванням дозволило одержати значний економічний ефект [1].

Щодо вітчизняних розробок тих часів, тут неможливо не згадати бурові установки УКБ (4-8 класів), розроблені ВІТР та ДКБ Барнаульського заводу геологорозвідувального устаткування. Найбільш прогресивною буровою з досліджуваної позиції є УКБ-2000/3000, буровий агрегат СКБ-8 якої оснащено повним комплексом контрольно-вимірювальної апаратури “КУРС-713”, який дозволяє вести візуальне спостереження за технологічними параметрами буріння, а також реєструвати показання і подавати звукові і світлові сигнали у випадках перевищення граничних значень параметрів [2].

У Спеціальному проектно-конструкторському бюро бурової автоматики (СПКБ БА) на базі ЕОМ середнього класу розроблена станція автоматичної оптимізації і геолого-технологічного контролю буріння глибоких свердловин (САОБ), призначена для оперативного керування процесом буріння з метою його оптимізації, розпізнавання і попередження ускладнень і аварійних ситуацій,

ліквідації аварій, автоматичного збору, обробки, накопичення і видачі геолого-технологічної і техніко-економічної інформації про процес буріння глибоких свердловин на нафту і газ.

Основні функції станції наступні: оптимізація режимів буріння, що забезпечують досягнення екстремального значення критерію оптимальності (максимум рейсової швидкості або проходки на долото, мінімум вартість 1 м проходки); коректування обраного оптимального режиму буріння при зміні умов буріння в процесі рейса; розпізнавання на ранній стадії перед-аварійних і аварійних ситуацій та ймовірнісна оцінка моменту їхнього настання; накопичення, збереження і представлення в різній формі геолого-технологічної інформації про процес буріння, кратної 1 м буріння чи рейсу.

Станція може працювати з будь-якими нафтовими буровими установками, укомплектованими необхідним набором технологічних датчиків і розрахованими на буріння експлуатаційних і пошуково-розвідувальних свердловин на нафту і газ глибиною 4000-6500 м. У першу чергу доцільно використовувати станцію на нових площах в умовах малої вивченості розрізів і невірогідності подібної геолого-технологічної інформації про умови буріння.

ЗАТ "АМТ" (Автоматизація моніторингу технологій) організоване в 1992 р. на базі СПКБ БА з 2000 р. випускає оновлену Автоматизовану станцію контролю параметрів буріння АМТ-100, яка замінила САОБ.

Її характерні особливості: оперативне і погоджене інформування бурильника і бурового майстра про хід будівництва свердловини; безперебійна робота при температурі - 45 ... + 45 °С; гнучкість і налагоджуваність роботи устаткування; індивідуальне виконання для кожного замовника.

Основні елементи станції в стандартній комплектації: комплект датчиків; пульт бурильника; робоче місце бурового майстра.

Комплект датчиків включає до себе пристрої різних виробників, що добре зарекомендували себе на виробництві. Пульт бурильника є універсальним засобом контролю найважливіших технологічних параметрів буріння. Чотири найважливіших технологічних параметри: вага на гаку; навантаження на долото; тиск нагнітання; момент на роторі (чи на бурильному ключі) виводяться на стрілочних індикаторах. Стрілочні індикатори - це традиційний і наочний спосіб виводу інформації. Інші параметри, виведені на пульт бурильника (їх склад може мінятися в широких межах), відображаються на електролюмінісцентних дисплеях. Інформація може виводитися на дисплеї у виді цифр, графіків, стовпців з заливанням або тексту. Склад виведеної інформації визначається бурильником. Такою інформацією, наприклад, можуть бути наступні параметри: швидкість руху талевого блоку; висота положення талевого блоку; глибина свердловини і положення долота в ній; витрата бурового розчину на вході і виході свердловини; щільність бурового розчину на вході і виході свердловини; обсяг бурового розчину в ємностях і зміна обсягу в часі; сумарний зміст газу в буровому розчині і багато інших.

В пульт бурильника встановлюються тільки індустриальні дисплеї з розширеним температурним діапазоном експлуатації виробництва фірми "Planar"

(США), призначені для роботи в умовах високої вібрації.

Керування роботою пульта бурильника здійснюється за допомогою пульта дистанційного керування, що може бути підвішений у будь-якому зручному місці на буровій площадці. Сам пульт бурильника може бути або встановлений на п'єдесталі змінюваної висоти, або підвішений.

Робоче місце бурового майстра організовується у вагоні бурового майстра. Воно має у своєму складі комп'ютер типу IBM PC зі встановленим прикладним програмним забезпеченням і допоміжне периферійне устаткування (принтер, пристрій для роботи з накопичувачами інформації великої ємності, система безперебійного енергопостачання і т.п.).

Станція на робочому місці бурового майстра забезпечує: постійний контроль усіх параметрів, що характеризують технологічну операцію (буріння, СПО, спуск обсадної колони, цементування і т.д.); розпізнавання ускладнень і аварійних ситуацій на початковій стадії їх виникнення; контроль траєкторії і рішення інших технологічних задач проводки свердловини; візуалізацію інформації на екрані комп'ютера (у вигляді графіків і мнемосхем); накопичення і збереження всієї отриманої на свердловині інформації; формування і друк звітної документації по свердловині (існує можливість створення шаблонів документів відповідно до вимог підприємства); копіювання і перенос архівних даних (у тому числі через мережу Інтернет) [3].

На початку 1999 р. Московське спеціальне конструкторське бюро геофізичного приладобудування й інформатики "Ореол" випустила систему технологічного контролю параметрів буріння "СГТ-мікро".

З 2000 р. почався випуск модифікованої системи з модульною побудовою, відеоконтрольним пристроєм і модемом (радіомодемом) для передачі даних у мережі. Система працює під керуванням ОС Windows 98.

Побудова і конструктивне виконання системи передбачає її функціональне нарощування за рахунок включення додаткових каналів контролю. Усього додатково може бути підключено (понад базовий комплект) ще 22 канали.

Обмін інформацією між пристроями забезпечується як аналоговими лініями зв'язку, так і цифровими (RS485). Вибір тих та інших визначається надійністю системи та її вартістю.

Новий комплект програм, яким оснащується система з листопада 2003 року, реалізує алгоритми виявлення передаварійних станів, в тому числі: проявлення раніше розкритого шару; проявлення шару, який розкривається; газова пачка в стовбурі свердловини; вихід пачки на поверхню; часткове поглинання; повне поглинання; сальникове утворення; опадання стінок або обвал; затягування; посадки; заклинювання долота; зламвання шарошки долота; несправність насоса; зламвання бурильної колони.

Система функціонально забезпечує:

- автоматичний збір, обробку з розрахунком похідних параметрів, представлення поточної інформації в наочній формі на засобах відображення і реєстрації бурильника і бурового майстра;
- документування результатів буріння в цифро-аналоговому і графічному

виді, включаючи рапорт за зміну;

- контроль виходу технологічних параметрів за встановлені користувачем межі зі світловою і звуковою сигналізацією цих подій;
- аварійну сигналізацію при виході параметрів "Вага на гаку", "Тиск на вході", "Положення тальблока" за граничні значення з видачею сигналів блокувань на відповідне бурове устаткування;
- мовне попередження майстра про зміну ситуації при бурінні;
- збереження введених установок і констант у випадку відключення первинної живильної напруги;
- автономне функціонування пульта бурильника при відключенні ЕОМ;
- високу експлуатаційну надійність і довговічність при мінімальних витратах на технічне обслуговування і метрологічне забезпечення;
- передачу інформації в локальній мережі й Internet;
- установку пристроїв зовнішнього спостереження з виводом зображення на екран монітора чи комп'ютера, в останньому випадку передачу зображення в локальній і глобальній мережі;
- розширення системи;
- працездатність складових частин системи, розташованих поза приміщенням бурового майстра при кліматичних умовах від - 40 до +50 С°.

Вартість базового комплекту на 01.01.2004 р. становить 870 тисяч руб. [4]

В останні роки, спостерігається зростання попиту на розробку АСУ технологічними процесами буріння свердловин сторонніми проектними організаціями. Ці системи проектуються згідно із принципом "під ключ".

Прикладами таких систем є розробки ДКБ "Бурстройпроект" для нафтогазової промисловості, - АСУ якістю спорудження та ремонту свердловин в нафтовій та газовій промисловості (АСУ СКВАЖИНА), програмний комплекс якої зареєстровано в червні 2001 р.; Автоматизований комплекс контролю за якістю свердловин службою супервайзинга в нафтовій та газовій промисловості (ПК СУПЕРВАЙЗЕР).

Достоїнства АСУ "СКВАЖИНА". АСУ дозволяє значно полегшити працю фахівців при рішенні ряду найважливіших технологічних і техніко-економічних задач. Цим забезпечується безупинний контроль фахівцями параметрів технологічних процесів у реальному масштабі часу, зниження кількості позаштатних ситуацій, і як наслідок, підвищення якості спорудження, комерційної швидкості проходки і нафтовіддачі.

Інше рішення "Бурстройпроект" – ПК СУПЕРВАЙЗЕР - призначений для контролю якості будівництва і ремонту свердловин службами супервайзинга в нафтовій і газовій промисловості.

ПК забезпечує автоматизоване рішення наступних задач: контроль та управління траєкторією похило-спрямованої й горизонтальної свердловини; гідродинамічні розрахунки; кріплення свердловин.

Вартість прикладного програмного забезпечення ПК "СУПЕРВАЙЗЕР" на 01.01.2004 р. складає 200 000 доларів США. Прикладне ПЗ може використовуватися як на одиночних свердловинах, так і у великих підприємствах при буро-

вленні розвідницьких та експлуатаційних свердловин. [5]

Станція геолого-технологічних досліджень "ГЕОТЕСТ-5", розроблена АТ НВФ "Геофізика", призначена для проведення геолого-геохімічних і технологічних досліджень пошукових, розвідницьких, експлуатаційних і горизонтальних свердловин на нафту і газ.

Станція являє собою комплекс апаратно-програмних засобів автоматизованого збору, оперативної обробки й інтерпретації інформації про розробляємий розріз, що забезпечує безаварійний і оптимальний режим проводки свердловини і високу геологічну ефективність пошуково-розвідувального буріння [6].

II Системи діагностики та моніторингу технічного стану бурового обладнання та інструменту почали активно розроблятися в Росії в останні 5-7 років. Практично всі подібні системи характеризуються тим, що розробляються на замовлення на основі певної еталонної системи. Характерною особливістю є те, що найпоширенішим і найбільш розробленим методом діагностування бурового обладнання є метод вібраційної діагностики.

Поширеними є програмні комплекси НВФ "Едмон" та ОМЗ "Уралмаш-Сервіс", які дозволяють створити загальну уяву про тенденції в галузі.

На основі стратегії зовнішнього проектування систем діагностики і моніторингу складних технічних об'єктів науково-виробнича фірма "ЕДМОН" поставляє замовникам наступні системи діагностики і моніторингу технічного стану контрольованих об'єктів: контроль вібростану та технічного стану електродвигунів; спектральний вібромоніторинг роторних машин (на базі устаткування фірм ДІАМЕХ, CSI); керування надійністю турбогенераторів та асинхронних двигунів

Контроль зазначених об'єктів здійснюється з використанням процесів сертифікації, генезису, діагнозу і прогнозу їх технічного стану. Визначення несправностей здійснюється за допомогою спектрального, гармонійного й експертного аналізу. Передбачено автоматичне уведення всіх контрольованих технічних параметрів [7].

Фірма "Уралмаш-Сервіс" пропонує засоби і методики, які дозволяють контролювати широкий спектр різних типів машин і механізмів. Визначення фактичного стану устаткування здійснюється на підставі: виміру вібрації, експрес-аналізу мастил і безконтактних вимірів температури.

Серед послуг "Уралмаш-Сервіс" обстеження бурових установок із закінченим нормативним строком служби з метою визначення можливості безпечної подальшої експлуатації; вібродіагностика бурових установок; вібродіагностика й балансування (віброзахист); аналіз мастил; безконтактні виміри температури; збільшення міжремонтного періоду бурових насосів та ін. [8].

III Наукове обґрунтування та розробка методів та алгоритмів управління процесами буріння відбувається досить повільно. За останні десять років кількість захищених в Росії та Україні дисертацій за даним напрямком не перевищує десяти. Для порівняння, в період з 1990 по 2000 р.р., тільки в Росії було захищено понад 170 дисертацій за спеціальністю 05.15.10 – буріння свердловин.

Серед найбільш вагомих захищених наукових праць необхідно згадати такі

дисертації:

- на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, - Чурляєв Д.А. Моделювання та управління безперервним технологічним процесом циклічного типу: на прикладі процесу глибокого буріння (05.13.07, Ташкент, 1990); Станкевич І.В. Створення автоматизованого комплексу для дослідження електротехнічних пристроїв та систем (05.09.03, М, 2000); Карпенко В.М. Організація системи автоматизованого управління процесом буріння на основі багато параметричної інформаційної моделі (05.13.06, К, 2001)

- на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, - Горбійчук М.І. Адаптивне керування процесом буріння глибоких свердловин (05.13.07, Львів, 1999); Сітніков М.Б. Моделювання та оптимізація процесу буріння геолого розвідницьких шпар (05.13.07, Катеринбург, 2000).

Коротко розглянемо основні аспекти двох дисертацій (Карпенко В.М., та Горбійчука М.І.), які фактично складають весь обсяг результатів наукових досліджень в галузі в Україні.

Кандидатська дисертація Василя Карпенко присвячена дослідженню АСУ бурінням при спорудженні глибоких свердловин на основі багатопараметричної інформаційної моделі. В результаті виконання роботи були розроблені декілька інформаційних моделей (геологічного середовища, процесу руйнування породи та оптимального управління процесом буріння) та АСУ, яка відрізняється від аналогів управлінням трьома режимно-технологічними параметрами процесу буріння: частотою обертання бурильної колони, навантаженням на породоруйнівний інструмент, витратою промивальної рідини. Вказані параметри контролюються та управляються ЕОМ. Вхідними даними для інформаційної моделі є дані про енергоємність гірських порід, які визначаються за результатами сейсмічної розвідки [9].

Докторська дисертація Михайла Горбійчука присвячена питанням розробки методів і алгоритмів адаптивного керування процесом буріння глибоких свердловин. В дисертації вирішуються задачі математичного моделювання, визначення параметрів моделі та зміни умов буріння, адаптивного керування та безаварійного відпрацювання шарошечних доліт. Вперше розроблені: модель процесу буріння (ПБ), яка враховує різні форми зносу зубів долота; стратегія ідентифікації параметрів моделі, на основі критерію лінеаризції математичної моделі ПБ; правило вибору критерію оптимальності в залежності від глибини свердловини та зміни умов буріння; методологія вибору типу долота в залежності від заданого інтервалу буріння та інші [10].

Переліченим системам властиві вказані позитивні риси, разом з тим вони мають ряд недоліків:

- АСУ першого покоління орієнтовані на застосування лише з буровою для якої вони розроблялися

- Під процесом буріння в системах (І, ІІ) розуміється процес спорудження свердловини (тобто взаємодія “порода-інструмент”), пропоную під процесом буріння розуміти сукупність технологічного процесу та технічного стану (тобто взаємодія на рівні “порода-бурова”)

- Системи (I) та (II) характеризуються автоматизацією лише декількох окремих параметрів процесу буріння, наприклад, навантаження на породоруйнівний інструмент або вібромоніторинг двигуна.

- Наукові методи (III) представлені досить скудно

- Повністю відсутня наукова розробка АСУ з використанням прогресивних інформаційних технологій (експертних систем, нейронних мереж та ін.)

Виходячи з вищевикладеного вважаю вельми актуальним питанням розробку наукових методів адаптивної ідентифікації та управління процесами буріння. А також, створення на основі цих методів комплексної адаптивної АСУ ПБ, з використанням сучасних апаратно-програмних засобів, обчислювальної нейро-математики та експертних систем в поєднанні з класичними методами діагностики, прогнозування та математичного моделювання.

Пропоную концептуальну схему зазначеної комплексної ААСУ ПБ (рис.1).

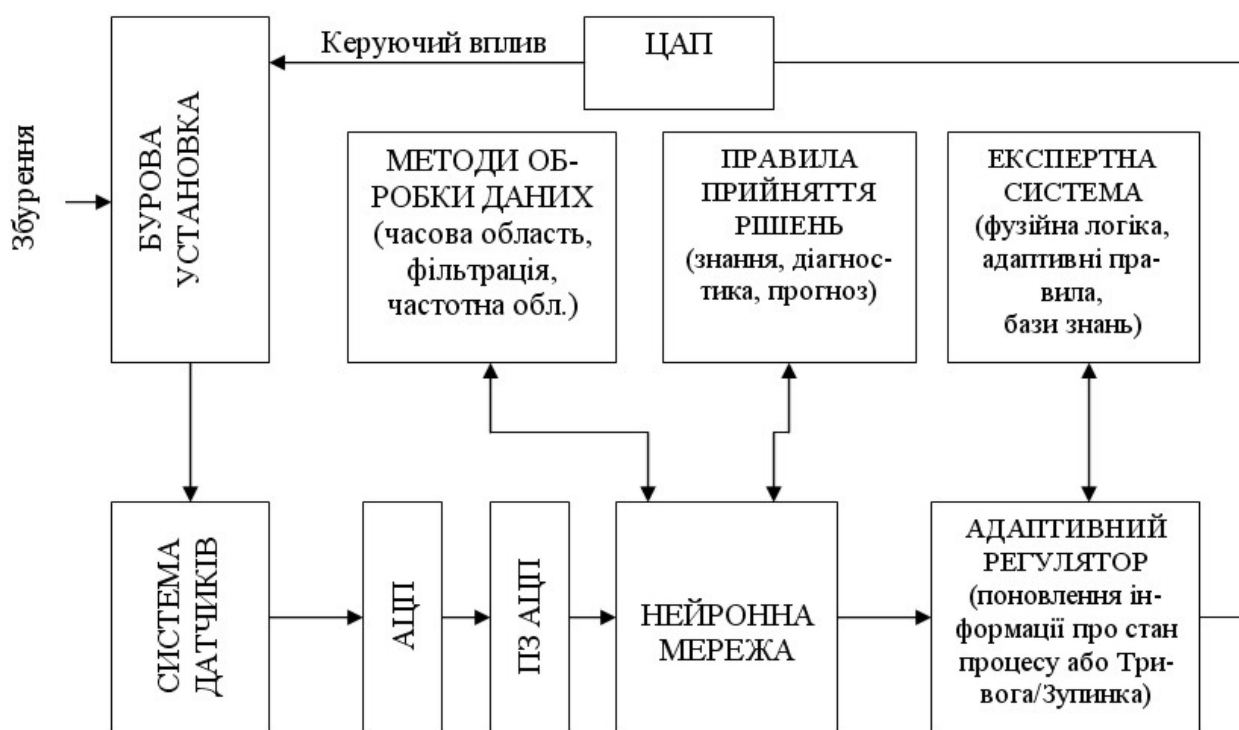


Рис. 1 - Концептуальна схема комплексної адаптивної АСУ ПБ

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Семенов С.Ю. Дослідження та розробка типової адаптивної інформаційної системи діагностування гірничих технологічних агрегатів. Магістерська робота 8.080401 / Національний гірничий ун-т – Дніпропетровськ, 2002.
- 2 Дудля М.А. Автоматизація процесів буріння свердловин: Підручник. – К.: Вища шк., 1996. – 256 с.: іл.
- 3 Воротилов В.С. Автоматизированная станция контроля параметров бурения АМТ-100 // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. 2001, №1.
- 4 Офіційний сайт ЗАТ СКБ “Ореол” // спосіб доступу: <http://www.skboreol.ru>
- 5 Офіційний сайт ДКБ “Бурстройпроект” // спосіб доступу: <http://burstroy.adt.ru>
- 6 Офіційний сайт АТ НВФ “Геофізика” // спосіб доступу: <http://npf-geofizika.ru>
- 7 Офіційний сайт НВФ “Едмон” // спосіб доступу: <http://edmon.narod.ru>
- 8 Офіційний сайт ОМЗ “Уралмаш” // спосіб доступу: <http://www.urserv.ru>
- 9 Карпенко В.М. Організація системи автоматизованого управління процесом буріння на основі багато па-



раметричної інформаційної моделі. Автореф. дис. канд. техн. наук 05.13.06 / Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України – К, 2001.

10 Горбійчук М.І. Адаптивне керування процесом буріння глибоких свердловин. Автореф. дис. д-ра техн. наук 05.13.07 / Державний університет “Львівська політехніка” – Львів, 1999.

**УДК 622.678.52**

Е.П. Торба (НГУ)

## **УНИВЕРСАЛЬНАЯ АВАРИЙНО - СПАСАТЕЛЬНАЯ КЛЕТЬ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ**

Обґрунтовані конструктивні параметри аварійно - рятувальної кліті для пересувної підйомної установки. Розглянути фактори, що впливають на плавність пересування кліті по провідникам ствола. Запропоновано варіант удосконалення вузлів кріплення направляючих ковзання аварійно-рятувальної кліті.

## **UNIVERSAL EMERGENCY - RESCUE CAGE FOR MOBILE ELEVATING INSTALLATION**

The structural parameters of emergency - rescue cage are grounded for mobile elevating installation. To consider factors, that affect the smoothness of movement of cage on to the explorers of trunk. A variant is offered of improvement of knots of fastening of sending sliding emergency - rescue cage.

Разработанная Национальным горным университетом универсальная мобильная подъемная установка АСППУ – 6,3 обеспечивает спуск-подъем людей, материалов и оборудования при аварийно-спасательных работах в глубоких шахтах. Эта установка комплектуется специальной универсальной клетью на 8 – 10 человек, а также дополнительными направляющими шкивами с навесным оборудованием для их закрепления над аварийным стволом. Указанная клеть используется в качестве подъемного сосуда для эвакуации людей из застрявшего в армировке ствола или зависшего в нем при отказе подъемной машины сосуда, а также для доступа к сосуду для выяснения причины аварии и определения мероприятий для ее последующей ликвидации. Конструкция клетки для обеспечения возможности выполнения выше названного назначения должна учитывать объемно-планировочные, конструктивные и функциональные особенности подъемных комплексов стволов шахт.

Подъемные комплексы стволов отличаются многообразием этих особенностей, обусловленных следующими факторами:

- тип подъема (двухклетевой или одноклетевой с противовесом, двухскиповой или односкиповой с противовесом);
- количество подъемов в стволе;
- тип подъемной машины (одноканатная или многоканатная);
- оборудование и характеристика ствола (сечение, тип армировки – жесткая с рельсовыми или коробчатыми проводниками, канатная);
- геометрическая схема копра и его конструкция (металлический укосный при одноканатном или многоканатном подъемах с наземным расположением