

3. Сафонов Л. В. Сейсмический эффект взрыва скважинных зарядов /Л. В.Сафонов, Г. В.Кузнецов. – М. : Наука, 1967. – 102 с.
4. Цейтлин Я.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов /Цейтлин Я.И., Смолий Н.И.–М.: Недра, 1981, - 192с.
5. Гениев Г.А. Влияние конструктивной системы сооружения на сейсмическое движение поверхности упруго-вязкого грунта / Гениев Г.А, Мамаева Г.В.//Сейсмостойкое строительство - 2000. - №2. – с.26-28.
6. Гениев Г.А. О критериях подобия в задаче о перемещениях поверхности грунтового массива, вызванных горизонтальными и вертикальными сейсмическими воздействиями /Гениев Г.А //Сейсмостойкое строительство - 1999. - №5. – с.26-28.
7. Кузьменко А.А. Сейсмический эффект взрывов цилиндрических зарядов /Кузьменко А.А. //Взрывное дело. Сборник №8138 – М.: Недра. - 1979. – с.180-196.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Собком Б.Ю.
Надійшла до редакції 18.07.10*

УДК 681.518.54

© Г.В. Кузнецов, Л.І. Мещеряков, М.А. Дудля, Т.В. Бабенко

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСК БУРІННЯМ СВЕРДЛОВИН НА БАГАТОПАРАМЕТРИЧНІЙ МОДЕЛІ

Представлені основні складові розробленого інформаційного і програмного забезпечення автоматизованої системи керування технологічним процесом буріння глибоких свердловин.

Представлены основные составляющие разработанного информационного и программного обеспечения автоматизированной системы управления технологическим процессом бурения глубоких скважин.

Basic constituents are presented of the developed informative and program providing of the automated system of technological process control of the boring drilling of deep mining holes.

Технологічний процес буріння відноситься до детермінованих процесів із стохастичними змінними збудженнями, які потребують в залежності від точності і швидкості управління використання кореляційно-екстремальних алгоритмів управління для вирішення комплексної оптимізації в поточному стані. Розробка багатопараметричної інформаційної моделі для АСК бурінням обумовлює необхідність представлення інформаційного забезпечення оптимального управління процесом буріння в єдиній алгоритмічній системі обробки інформації. Для розробки такої системи необхідно всі окремі інформаційні моделі процесу породоруйнування зв'язати в єдину функціональну інформаційну структурну схему, яка і буде представляти багатопараметричну інформаційну модель АСУ бурінням [1, 2, 3].

При цьому функціональну структуру багатопараметричної інформаційної моделі (БПІМ) АСК бурінням складають наступні інформаційні системи: система введення і виведення інформації; система підготовки інформації; система обробки інформації; система видачі результуючої інформації.

Система введення і виведення інформації призначена для управління функціонуванням БПІМ АСК бурінням шляхом зміни початкових і поточних параметрів процесу буріння, а також для внесення змін в алгоритми обробки інформації в технологічних процесах буріння.

Система підготовки інформації призначена для первинної обробки початкових і поточних параметрів процесу буріння, в результаті якої визначаються нові параметри, інформацію про які можна визначити тільки розрахунковим шляхом [4]. Визначені нові параметри необхідні для рішення задач, які виконує система обробки інформації.

Система обробки інформації призначена для визначення законів оптимального управління процесом буріння чотирма режимно-технологічними параметрами на основі даних, які надає система підготовки даних.

Система видачі інформації призначена для управління вихідними чотирма режимно-технологічними параметрами АСК бурінням.

Всі перелічені системи мають свою внутрішню структуру, яку в загальному взаємозв'язку представляють БПІМ АСК бурінням.

На відміну від існуючих БПІМ АСК бурінням [1, 2, 3] в розроблену модель вкладені додатково:

- геофізичні параметри гірських порід в системі підготовки інформації, які визначаються за даними сейсмозв'язки, що надає можливість розв'язувати задачі оптимального управління процесом буріння;

- задачі в системі обробки інформації, які в сукупності їх розв'язання дозволяють визначати закони оптимального управління процесу буріння за багатопараметричним критерієм - мінімальна вартість одного метра буріння трьома режимно-технологічними параметрами, що дозволяє підвищити рівень і ефективність автоматизації технологічного процесу буріння;

- параметр керування тиску подачі промивальної рідини, який дозволяє точніше керувати подачею породоруйнівного інструменту (ПРІ) на вибій.

Для функціонування БПІМ АСК бурінням на рис. 1 представлений загальний алгоритм обробки інформації і оптимального управління процесом буріння чотирма режимно-технологічними параметрами процесу буріння, на основі розроблених інформаційних моделей АСК бурінням.

Загальний алгоритм багатопараметричної інформаційної моделі АСК бурінням функціонує у наступній послідовності:

- введені початкові дані поступають в систему підготовки інформації;
- виконується алгоритм рішення задачі технологічної оптимізації інформаційно-пошуковим методом, який визначає залежність (закон управління) механічної швидкості буріння від чотирьох режимно-технологічних параметрів і знаходить максимальне її значення при відповідних параметрах;

- виконується алгоритм визначення режимно-технологічних параметрів, відповідних оптимальній швидкості буріння;

- виконується алгоритм рішення задачі оцінки проходки на породоруйнівний інструмент для оптимальної механічної швидкості буріння при відповідних режимно-технологічних параметрах, які визначені попереднім алгоритмом;

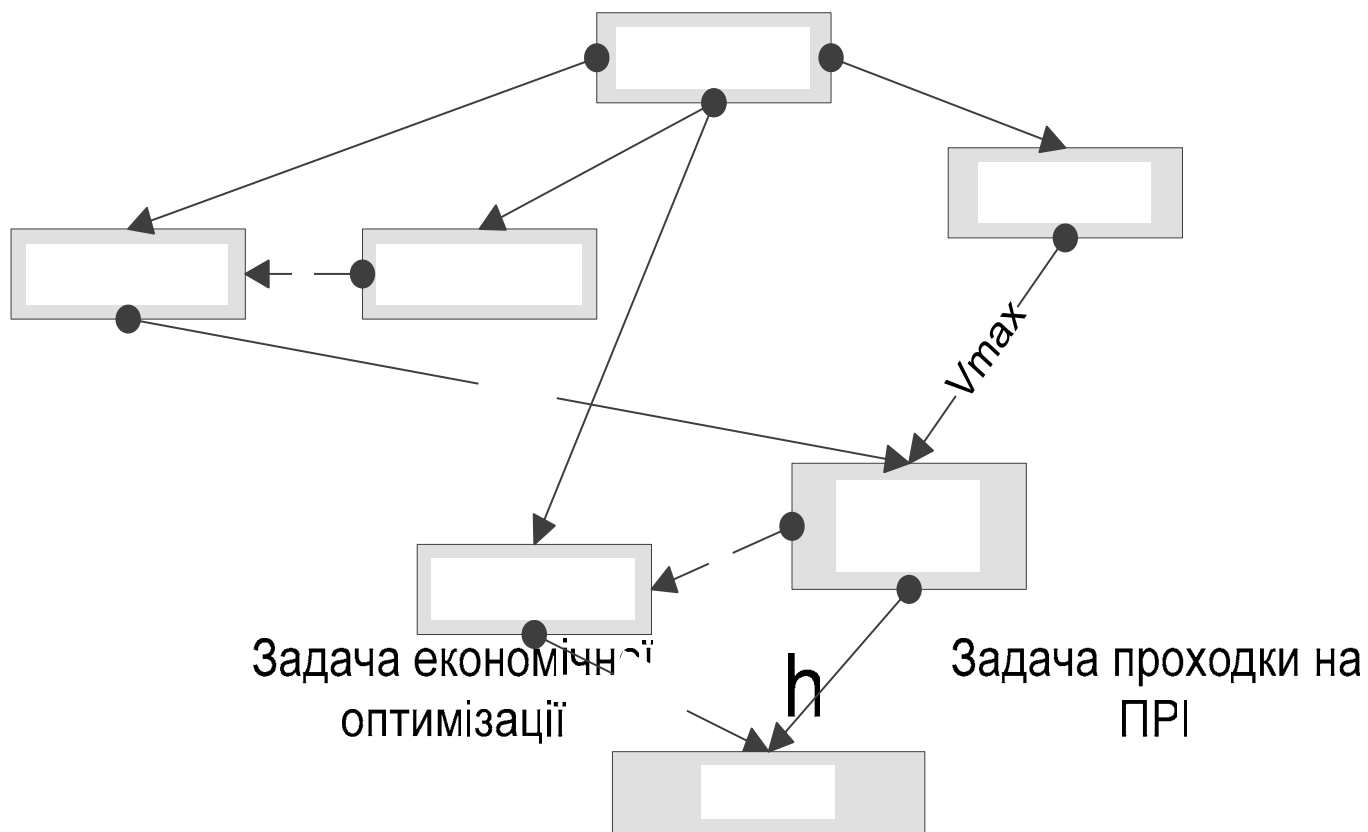


Рис. 1. Структурна схема алгоритму обробки і видачі інформації в багатопараметричній інформаційній моделі АСК

pt

– виконується алгоритм рішення задачі економічної оптимізації процесу буріння, який визначає оптимальну механічну швидкість буріння, яка відповідає критерію – мінімальна вартість одного метра буріння протягом рейсу;

– виконується алгоритм рішення задачі оптимального управління процесом буріння, який видає оптимальні параметри системи керування бурінням, визначеним інформаційно-пошуковим методом;

– виконується алгоритм рішення задачі пошуку оптимального тиску за даними з алгоритму оптимального керування, а саме обраний режим буріння.

Функціонально система підготовки інформації (СПІ) призначена для вводу, збереження і використання початкової інформації в системі обробки інформації для вирішення задач оптимального управління технологічним процесом буріння.

Структуру СПІ складають наступні основні групи даних: економічні, геофізичні, технологічні, технічні, статистичні.

В групу економічних даних входять: q – вартість часу бурових робіт, ум.од./год.; c_k – вартість породоруйнівного інструменту, ум.од.; C_m – вартість одного метра буріння, ум.од..

До групи геофізичних даних включаються: $e_{п0}$ – енергетична щільність 1 м^3 гірської породи на поверхні, Дж/м³; $e_{п(L)}$ – енергетична щільність 1 м^3 гірської породи, яка залягає на глибині L , Дж/м³; $\rho_{п}$ – масова щільність 1 м^3 гірської породи, кг/м³; g – прискорення сили тяжіння, м/с².

Групу технологічних даних складають: L — поточна глибина буріння, м; $Q \in [Q_{\min} - Q_{\max}]$ — витрати промивальної рідини і її межі, л/с; $N \in [N_{\min} - N_{\max}]$ — навантаження на ПРІ і його межі, кН; $\omega \in [\omega_{\min} - \omega_{\max}]$ — частота обертання бурильної колони і її межі, с^{-1} ; μ — ККД процесу породоруйнування; V — механічна швидкість буріння (подачі інструменту на вибій), м/год; h_m — максимальна проходка на ПРІ за статистичними даними, м; i — коефіцієнт зношування ПРІ; V_0 — механічна швидкість буріння, яка відповідає максимальній проходці на ПРІ в функції $h(V)$, м/год; k_p — коефіцієнт міцності (енергетична щільність) породи, Па ($\text{Дж}/\text{м}^3$); $T_B(L) = b_1 L^2 + b_2 L + b_3$ — час спуско-підймальних операцій в залежності від глибини буріння, год.; b_1, b_2, b_3 — параметри технологічної системи спуско-підймальних операцій; N — потужність насоса промивної рідини.

Для розв'язання задач економічної оптимізації і проходки на ПРІ: t_a — маса алмазного озброєння ПРІ, кг; d_a — діаметр алмазного різця, м; ρ_a — масова щільність 1м^3 алмаза, $\text{кг}/\text{м}^3$; e_a — енергетична щільність 1м^3 алмаза, $\text{Дж}/\text{м}^3$; V_{ap} — швидкість поздовжньої хвилі в алмазі, м/с; T_m — максимальна технологічна температура нагріву алмаза, $^{\circ}\text{C}$; T_n — початкова (атмосферна) температура нагріву алмаза, $^{\circ}\text{C}$; λ — теплопровідність алмаза, $\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$; α — теплопередача алмаза, $\text{Вт}^{\circ}\text{C}/\text{м}$; C_p — теплоємність промивальної рідини, $\text{Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$; D_n, D_b — зовнішній і внутрішній діаметри алмазної коронки, м; E_0 — модуль пружності 1м бурильної колони, Па ($\text{Дж}/\text{м}^2$); ρ — масова щільність матеріалу бурильної колони, $\text{кг}/\text{м}^3$; m_0 — маси одного метру бурильної колони, кг/м; τ — час запізнення сигналів управління і відгуку в системі "колона-різець-порода", с; $f(\dot{s}) = (a_2 V^2 + a_1 V + a_0)^{-1}$ — статистична функція спрацювання ПРІ.

А в статистичні дані входять: $h_p = F(N, Q, \omega, P)$ — проходка на ПРІ-А, як функція від чотирьох режимно-технологічних параметрів за даними інформаційної моделі; $V = F(N, Q, \omega, P)$ — механічна швидкість буріння, як функція від чотирьох режимно-технологічних параметрів; $h_p = F(V)$ — проходка на ПРІ, як функція від механічної швидкості буріння за статистичними даними.

Алгоритм рішення задачі технологічної оптимізації визначає функцію залежності механічної швидкості буріння від чотирьох режимно-технологічних параметрів процесу буріння, не використовуючи інформації про пружні фізико-механічні параметри геологічної системи.

Розроблене програмне забезпечення, що реалізує представлене вище інформаційне забезпечення, може використовуватись для визначення оптимальних показників процесу буріння, які відповідають мінімальні вартості проходки на один метр буріння за рейс, а саме навантаження на породоруйнівний інструмент, витрати промивальної рідини, частота обертання бурильної колони, тиску промивальної рідини. Також отримання проходки на ПРІ, вартості одного метру буріння за рейс та максимально можливої швидкості подачі породоруйнівного інструменту на вибій за заданими параметрами буріння. Візуально програма відображає можливі швидкості буріння відповідно до оптимальної, а також графіки теоретично розрахованої та практично отриманої швидкості буріння при заданих режимах буріння.

Функціональне призначення програмного забезпечення (ПЗ) сконцентовано в отриманні оптимальних показників процесу буріння при заданих початкових параметрах. ПЗ може використовуватись на бурових комплексах обслуговуючим персоналом для визначення оптимальної швидкості буріння, яка відповідає мінімальній вартості буріння одного метру за рейс, при цьому оптимальна швидкість керується за допомогою чотирьох параметрів: навантаження на породоруйнівний інструмент, витрати промивальної рідини, частота обертання бурильної колони та тиск промивальної рідини. Усі ці параметри мають основний вплив на стабільне значення швидкості подачі породоруйнівного інструменту на вибій.

Логічна структура програмного забезпечення складається з трьох форм. Головна форма служить для вводу поточних даних стану системи, відображення графіків та результату роботи програми. Для вводу даних використовується об'єкт TabSheet, де в свою чергу існують закладки відповідно за категорією даних, які там містяться. Данні розділені на категорії: "Технологічні дані", "Економічні дані", "Дані породоруйнівного інструменту" та "Поточний стан системи". У категорії "Технологічні дані" вводяться діапазони можливих значень головних параметрів системи: навантаження на породоруйнівний інструмент, витрати промивальної рідини, частота обертів бурової колони, тиск промивальної рідини. Ці дані використовуються для побудови моделі за чотирма режимно-технологічними параметрами. Для категорії "Економічні дані" вводяться параметри, такі як: вартість години бурових робіт, вартість породоруйнівного інструменту та коефіцієнти спуско-підіймальної операції. Дані використовуються в алгоритмі пошуку оптимальної з економічної точки зору швидкості буріння. У категорії "Дані породоруйнівного інструменту" вводяться наступні параметри: зовнішній та внутрішній діаметр алмазної коронки, діаметр алмазного різця, категорія породи де вже працювала коронка та середня міцність породи по свердловині. Для категорії "Поточний стан системи" вводяться дані: проходка на ПРІ, поточна швидкість буріння, поточне навантаження на ПРІ, поточна частота обертання бурильної колони, поточні витрати промивальної рідини, поточна глибина буріння, поточна потужність насоса промивальної рідини.

В меню користувач вводить початкові дані отримані про швидкість буріння відповідну до встановлених режимно-технологічних параметрів. Дані можуть вводитись із файлу вимірів або з форми. В формі вводу початкових даних швидкості є поле для вводу швидкостей. Цей об'єкт реалізований в окремому модулі. В меню "Показати розрахунки" користувач може отримати дані проміжних розрахунків алгоритмів оптимізації: максимальні режимно-технологічні параметри в рамках введених меж параметрів та відповідну їм швидкість; проходку на ПРІ; економічно-оптимальну швидкість та вартість одного метру буріння; оптимальну швидкість та відповідні їй чотири параметри: оптимальне навантаження на ПРІ, оптимальні витрати промивальної рідини, частоту обертання бурової колони, оптимальний тиск промивальної рідини. Меню "Константи" відображає форму з константами системи програмного забезпечення (рис. 2).

Меню "Діаграма" дає змогу вибрати дані, які будуть відображені в формі. Перша діаграма відображає теоретично розраховану та практично отриману швидкість буріння при заданих режимно-технологічних параметрах. Друга діаграма відображає технологічно максимальну швидкість, економічно вигідну та розраховану оптимальну швидкість буріння за заданими параметрами.

Робочі візуалізації головної форми програмного забезпечення оптимального управління процесом бурінням глибоких свердловин для різних технологічних режимів представлені на рис. 3, рис. 4, рис. 5.

Константи

Константи для расчета проходки на породоразрушительный инструмент

массовая плотность алмаза	3500
скорость продольной волны в алмазе	18500
КПД процесса разрушения породы	0,1
тепловой коэффициент	0,02
теплопроводность алмаза	146,5
теплопередача алмаза	15400
теплоемкость промывочной жидкости	2
порог значения температуры при начале износа алмаза ПРИ	600
сред. коэф. возрастания скорости продольной волны в зав. от глубины	0,23
средняя массовая плотность на поверхности земли	2650
начальная скорость продольной волны на поверхности земли	1850
начальная температура алмаза	20

Статистические данные износа породоразрушительного элемента

скорость соотв. макс. проходке на ПРИ	0,93
статистические коэф. для модели износа ПРИ:	
a2:	25,036
a1:	46,65
a0:	7,34
нагрузка соотв. макс. проходке на ПРИ	1140
частота вращения соотв. макс. проходке на ПРИ	230
промывочн. жидкость соотв. макс. проходке на ПРИ	63

Рис. 2. Форма "Константы" програмного забезпечення

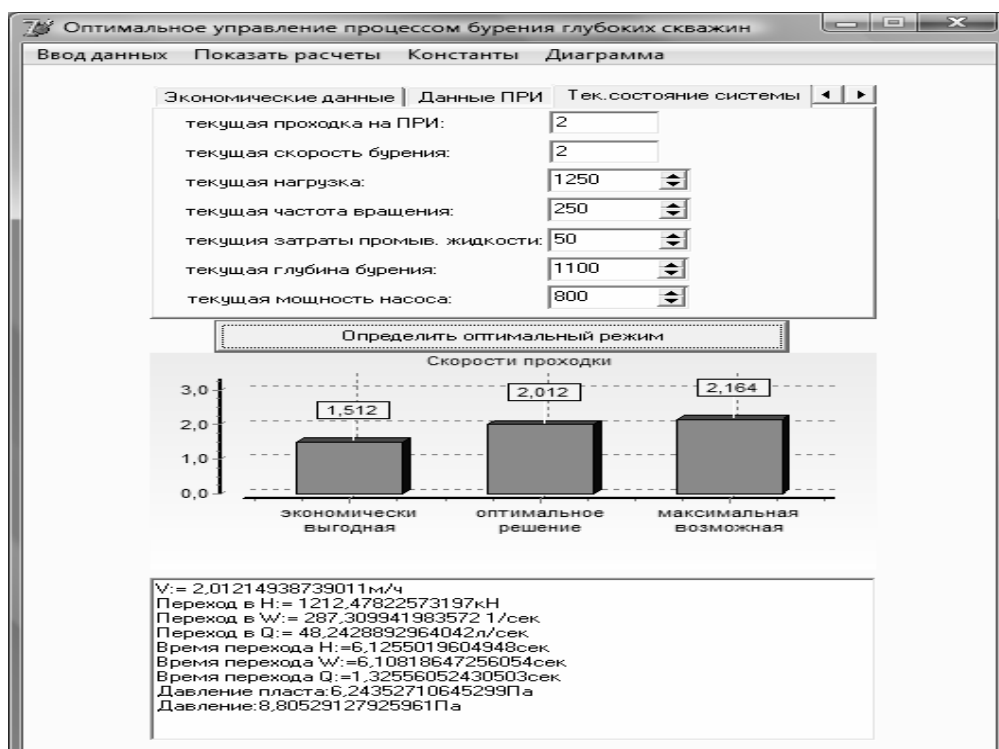


Рис. 3. Головна форма програмного забезпечення

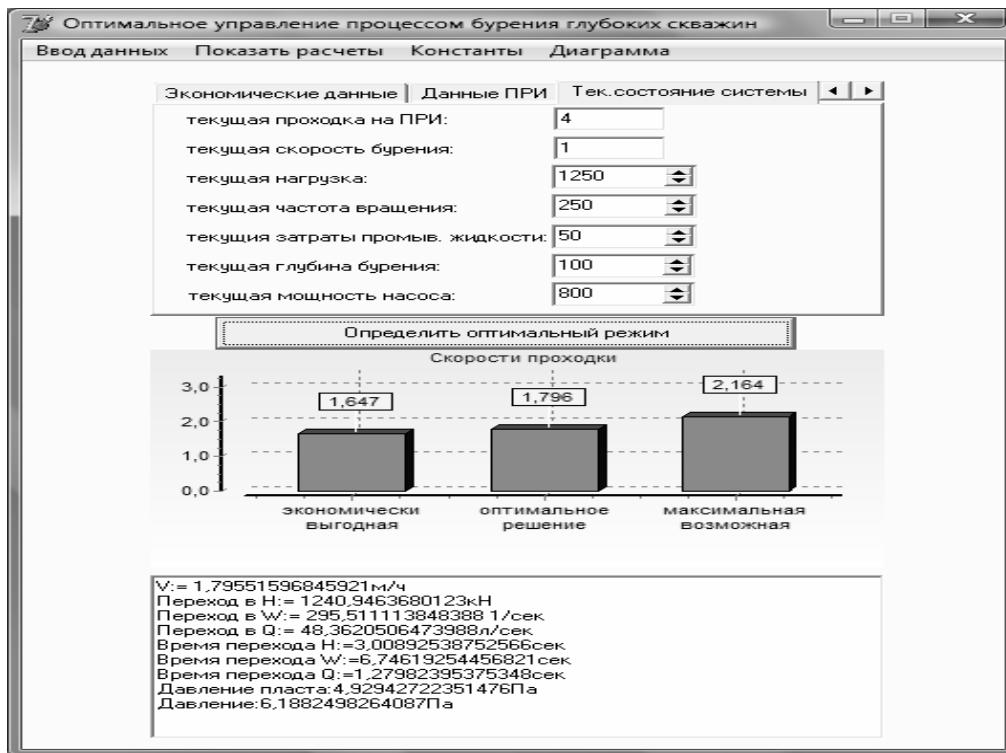


Рис. 4. Головна форма програмного забезпечення

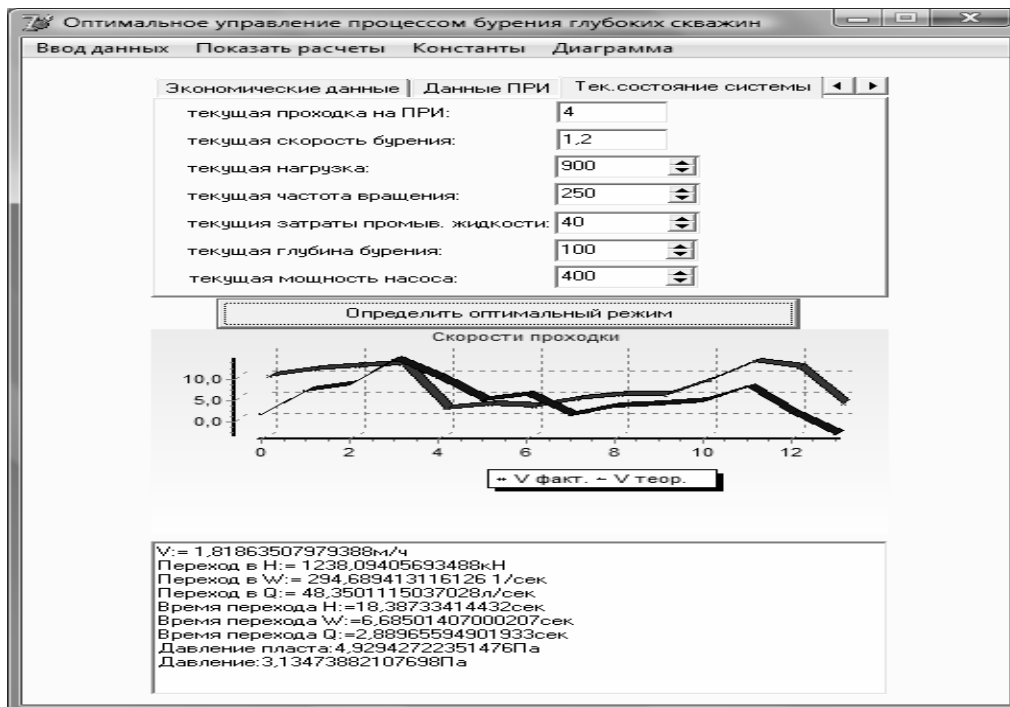


Рис. 5. Головна форма програмного забезпечення

У головному модулі програмного забезпечення оптимального управління процесом бурінням глибоких свердловин реалізовані п'ять основних процедур: рішення задачі технологічної оптимізації, рішення задачі економічної оптимізації, рішення задачі проходки на ПРИ, рішення задачі пошуку оптимального тиску, рішення задачі пошуку оптимальних параметрів процесу буріння. В допоміжних модулях форм процедури мають локальне значення і використовуються для працездатності форм.

Розрахунки програми мають п'ять стадій відповідно до алгоритму мінімізації витрат на один метр буріння:

- виконується алгоритм технологічної оптимізації;
- виконується алгоритм проходки на ПРІ;
- за допомогою даних попереднього алгоритму виконується пошук оптимального значення швидкості з економічної точки зору;
- за даними алгоритму технологічної оптимізації та економічної оптимізації виконується пошук оптимальної швидкості за критерієм мінімальної вартості одного метру буріння за рейс.

Таким чином, розроблені інформаційне і програмне забезпечення автоматизованої системи керування технологічним процесом буріння глибоких свердловин, яке відрізняється від існуючих комплексним урахуванням технічних, економічних, геофізичних, даних, дає можливість вирішувати задачу оптимального керування чотирма режимно-технологічними параметрами водночас за критерієм: «Мінімальна вартість одного метра буріння протягом рейсу». Введення в інформаційне забезпечення нового параметру – тиск промивальної рідини дає змогу точніше стабілізувати роботу системи подачі породоруйнівного інструменту на вибій, а також отримати позитивний економічний ефект за рахунок мінімізації енергетичних витрат на насос промивальної рідини.

Список літератури

1. Дудля М.А., Карпенко В.М., Гриняк О.А., Цзян Гошен. Автоматизація процесу буріння: Монографія. – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 207 с.
2. Diagnostyka urzadzen wiertniczych / G.G. Piwniak, M. Kaliski, A. Zieba, L.J. Mieszczerjakow, M.A. Dudla. – Krakow, Dniepropietrowsk, 2004. – 174 с.
3. Дудля М.А., Мещеряков Л.І. Діагностика та проектування бурових машин і механізмів: Навч. посібник. – Д.: Національний гірничий університет, 2004. – 268 с.
4. Мещеряков Л.И. Математические основы построения дисперсионных диагностических моделей горных электромеханических систем. Вибрации в технике и технологиях, 2002, №1(22). - с. 41–44.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесарєвим В.В.
Надійшла до редакції 20.11.10*

УДК 622.6:622.33.012.2

© А.Я. Рибалко

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭФФЕКТА БЛИЗОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОГО ЭФФЕКТА НА АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОПРОВОЛОЧНОГО ПРОВОДА С ТРУБЧАТЫМ ПРОВОДЯЩИМ СЛОЕМ В СЕЧЕНИИ

Для многопроводочного провода с трубчатым проводящим слоем в сечении проанализированы взаимосвязи показателей конструкции, геометрических размеров, формы сечения и электрические характеристики (омическое и активное сопротивления) в тяговой сети системы электроснабжения передвижных потребителей при частоте 4 – 10 кГц. Предложены решения для исключения поверхностного эффекта и эффекта близости.