

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

В.Б.Кропивницька

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

e-mail: public@nimg.edu.ua

Решаются вопросы построения компьютерной системы управления процессом бурения нефтяных и газовых скважин для реализации оптимальных алгоритмов, что позволяет улучшить технико-экономические показатели. Разработан прикладной программный продукт поддержки оптимизационной задачи в автоматизированную систему управления процессом бурения, который обеспечивает поэтапное решение задачи оптимального управления и позволяет интегрировать его в существующее программное обеспечение.

In the article the questions of definition of computer system for controlling the process of boring of oil and gas boreholes for realization of optimum algorithms, which enables to attain higher technical and economical coefficients are solved. It is designed the applied software product, which supports optimization task in automated control system for boring process and provides the stage-by-stage decision of task of optimum bureau on the unique scenario with the capability of integration of it in existent software.

В умовах інтенсифікації виробництва та зростання швидкостей буріння різко збільшилось фізичне та психологічне навантаження на персонал бурових установок. На сьогодні час простою через неправильні технологічні рішення складає 5-7% вартості загального балансу робочого часу.

За допомогою комп'ютерних систем керування можна більш жорстко нормувати процес буріння та широко застосовувати нові технології.

Оптимальна комп'ютерна система керування процесом буріння має ієрархічну структуру, яка складається з двох рівнів [1, 2]. Найнижчий рівень системи керування представлений контролером, який виконує функції локального керування, а саме:

- вимірювання і перетворення сигналів по технологічних підсистемах та передавання інформації на верхній рівень;
- приймання керувальних дій з верхнього рівня та керування роботою технологічного обладнання;
- оперативне і аварійне сигналізування про стан механізмів.

Верхній рівень керування виконує такі функції:

- розв'язування задачі ідентифікації параметрів математичної моделі, вибору раціонального типу долота, обчислення прогнозованого часу буріння t_{δ} та моментів перемикання керувальних дій з одного рівня на інший, а також визначення оптимальних значень осьового навантаження F^* та швидкості обертання долота n_{δ}^* [3] з представленням результатів операторі в режимі "порадника";
- організацію та підтримку бази даних, яка містить інформацію про об'єкт керування;
- отримання інформації від нижнього рівня керування про поточний стан параметрів;
- оперативну реєстрацію відображення інформації про стан технологічного процесу на екрані ЕОМ.

Функції верхнього рівня реалізовано в реальному масштабі часу.

Систему оптимального керування процесом буріння реалізовано на апаратних засобах СКУБ-М2, які серійно виготовляють в Івано-Франківському спеціалізованому конструкторському бюро засобів автоматизації. На сьогодні цей комплекс вважається найсучаснішим із засобів контролю основних параметрів процесу буріння нафтових і газових свердловин, які розроблено і виготовляються в Україні. Суттєвою перевагою комплексу є те, що він періодично оновлюється і модернізується. В ньому враховано багаторічний досвід проектних організацій, що займаються створенням засобів контролю технологічного процесу буріння, найбільш вдалі технічні рішення підприємств і організацій близького і далекого зарубіжжя, а також рекомендації і пропозиції замовників та організацій, де він знаходиться в експлуатації. Комплекс відповідає вимогам чинної системи стандартизації і адаптований до кліматичних умов України [4]. Слід зазначити, що до складу даного комплексу входить апаратура, яка передбачає використання універсальних засобів обчислювальної техніки. Це дає змогу ефективно забезпечити реалізацію алгоритмів оптимального управління технологічним процесом поглиблення свердловини без розроблення спеціального обладнання.

Оптимальна система керування (рис. 1) складається із системи контролю і управління процесом буріння СКУБ, пристрою перетворення цифрових сигналів в аналогові (ЦАП); блоку сигналізації (БС), ЕОМ для віртуального відтворення інформації про процес буріння свердловин.

Сигнали від давачів швидкості обертання ротора (1), витрати бурового розчину (2), проходки на долото (3), осьового навантаження (4), крутного моменту на роторі (5) поступають на кросовий пристрій СКУБ, де вони перетворюються до уніфікованого вигляду 0-10 В. Від

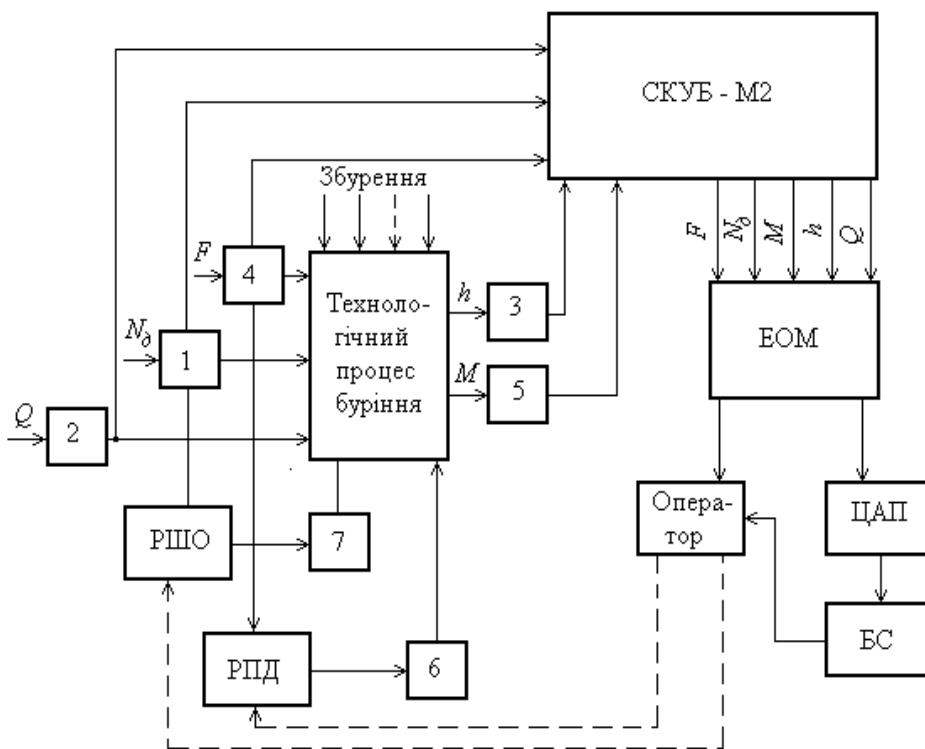



Рисунок 1 – Структурна схема оптимального керування процесом буріння нафтових і газових свердловин

СКУБ через інтерфейс вводу-виводу RS-485/RS-232 перетворені сигнали поступають в ЕОМ. Надалі одна частина сигналів постійно використовується для контролю і відтворення інформації, а інша (сигнали, які поступають від давачів СКУБ, оператора та від таймерів) – як дані для розрахунків. Результати розрахунку очікування оптимальних режимних параметрів і часу буріння подаються на екран монітора ЕОМ. Корегуючі впливи $\Delta \bar{U}^*$ виробляються нижнім рівнем системи. В результаті формується керуючі впливи, які в супервізорному режимі через регулятори подачі долота (РПД) та швидкості обертання ротора (РШО) реалізуються на об'єкті керування.

Розроблене програмне забезпечення системи включає в себе підпрограми ідентифікації параметрів математичної моделі, обчислення опорних керувальних впливів, часу перемикаць режимних параметрів та часу буріння. Вона забезпечує роботу оптимальної системи керування процесом буріння глибоких свердловин, працює в режимі "порадника". Завданням комп'ютерної системи є вибір субоптимального режиму буріння за двома керувальними впливами та здійснення раціонального відпрацювання доліт як за озброєнням, так і за опорою.

Пакет прикладних програм "Комплекс СКУБ-М2" забезпечує оперативний контроль процесу буріння і стану свердловини, розпізнавання позаштатних ситуацій, формування добових рапортів, планів, звітів тощо, обробку технологічної інформації, розрахунки по технології буріння, аналіз відпрацювання доліт. У базовий варіант програмного пакета "Комплекс СКУБ-М2" входять програми "РЕЄСТРАЦІЯ" –

для реєстрації в реальному масштабі часу технологічних параметрів буріння, "АРХІВ" – для подальшого перегляду результатів аналізу та інтерпретації зареєстрованих даних записаних попередньо на жорсткий диск, а також друку збережених даних та "УСТАВКИ" – для формування і передачі на пристрій збору та обробки даних значень уставок технологічних параметрів [4].

Для інтеграції оптимізаційного модуля в інформаційно-вимірювальний комплекс, на інструментальній панелі останнього, було додано піктограму 'Консультація' – , а також однойменний пункт в розділ меню "Режими роботи". Таке доповнення гармонійно влилося в графічний інтерфейс програми ІVK, доповнюючи її функціональність.

Після натискання на піктограму "Консультація" програмного комплексу ІVK відкривається діалогове вікно "Вибір таблиць бази даних", у полях якого необхідно вказати шляхи до таблиць із наборами значень відповідних параметрів. Це можна зробити безпосередньо вводячи дані у поля форми, або скориставшись кнопкою "Огляд", натискання якої призведе до появи діалогового вікна "Вибір таблиці", що дасть змогу вибрати необхідні елементи, як і в типовому діалоговому вікні для відкриття файлів у системі Windows (рис. 2). Після задання відповідних полів необхідно натиснути кнопку "ОК".

Описаний етап роботи оптимізаційного модуля реалізується так званим інтерфейсним блоком, завдання якого полягає в організації діалогу з користувачем та одержанні від нього необхідної інформації (набору шляхів до таб-

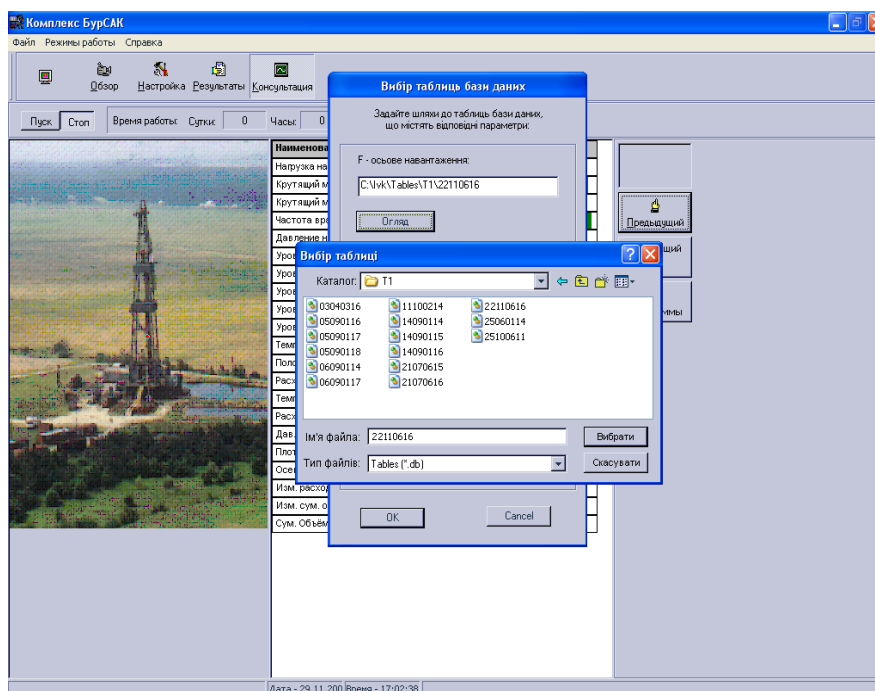


Рисунок 2 – Вибір таблиць бази даних

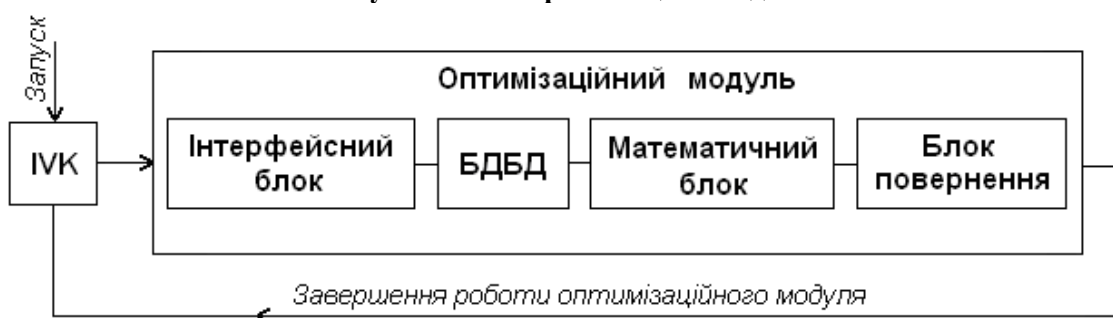


Рисунок 3 – Схема роботи модуля оптимізації

линь баз даних із значенням параметрів) і подальшого збереження її у внутрішніх структурах даних програми.

На наступному етапі роботи програми запускається блок доступу до баз даних (БДБД), який зчитує значення введених користувачем полів, під'єднується до таблиць архівних даних та витягує із них набори значень відповідних параметрів (навантаження на гак, частота обертання та положення талевого блоку відповідно), записуючи їх у тимчасовий бінарний файл. Сформувавши необхідний бінарний файл, БДБД більше не потребує доступу до баз даних і закриває їх. Завершальним етапом роботи БДБД є передача управління математичному блоку, що запускається як окремий процес.

Сценарії математичного модуля зчитують набори значень параметрів із відповідного бінарного файлу, сформованого на початковому етапі БДБД, і реалізують подальшу їх обробку, відображаючи результати у вигляді графіків, значень визначених параметрів та рекомендацій.

Загальний механізм функціонування оптимізаційного модуля та його інтеграція і взаємодія з програмою ІВК можуть бути представлені у вигляді схеми на рис. 3.

Після завершення роботи користувача із математичним модулем керування передається блоку повернення, який реалізує коректне завершення роботи всього оптимізаційного модуля, закриваючи відповідні файли-потоки та з'єднання з базами даних, видаляючи створений БДБД бінарний файл для передавання інформації в сценарії Matlab, і передає керування програмному інформаційно-вимірювальному комплексу (програмі ІВК).

Програмне забезпечення завдання оптимізації та субоптимального керування оформлене у вигляді прикладного програмного модуля, в який інтегровано низку програмних продуктів, розроблених у середовищах Mathcad та Matlab. Всі програмні продукти об'єднані інтегратором, написаним на мові СІ++.

Прикладна програма забезпечує функції вибору та відображення інформації на екрані монітора АРМ. За допомогою клавіш меню, розмішених на віртуальній передній панелі (оглядовому відеокадрі), оператор може викликати відеокадри параметрів, графіків, щоденників подій та інше.

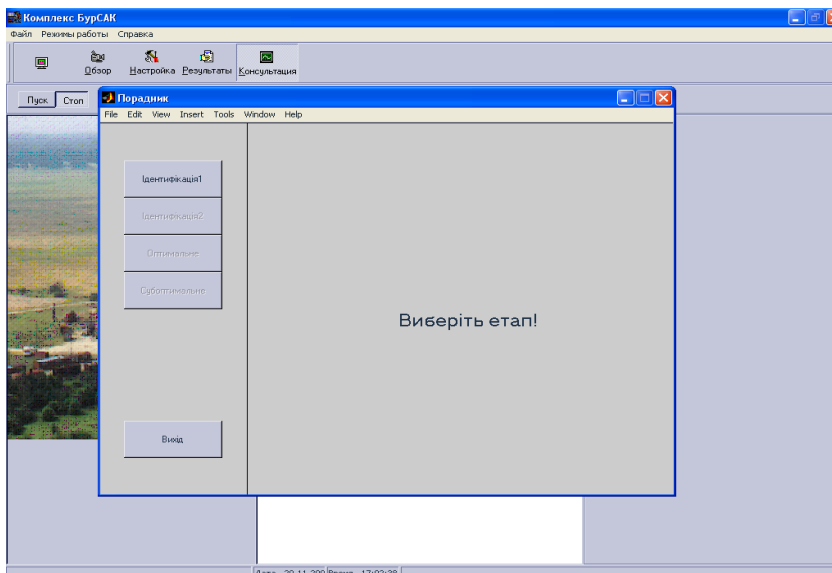


Рисунок 4 – Запуск математичного модуля

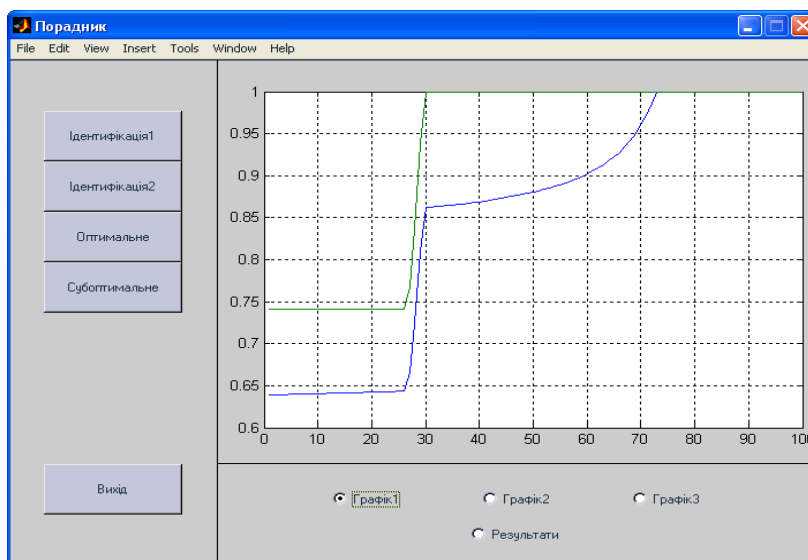


Рисунок 5 – Результати роботи програми оптимального керування

Програми оптимізаційного модуля працюють в режимі "порадника". Паке́т даних програ́м включає в себе:

- розв’язання задачі ідентифікації першого етапу;
- розв’язання задачі параметричної ідентифікації;
- знаходження значень оптимальних керувальних дій;
- розв’язання задачі субоптимального керування.

Для запуску програми, яка розв’язує оптимізаційну задачу необхідно натиснути кнопку "Консультація". При цьому на екрані відображається головна форма "Порадника" (рис. 4).

Слід зауважити, що в початковий момент часу, активною є тільки кнопка "Ідентифікація1". Інші стануть доступними після послідовного виконання всіх етапів оптимізаційної задачі.

Нижня частина екрана головної форми математичного модуля при натисканні на кнопки "Ідентифікація1" та "Оптимальне" перетворюється в додаткову навігаційну панель, що дає можливість переключатися між результатами роботи окремого сценарію. Така організація забезпечує компактне відображення великої кількості графіків та текстової інформації, дозволяючи швидко переключатися між ними.

Після розв’язання задачі ідентифікації стає можливим розв’язання задач оптимального та субоптимального керування. Задачі оптимального та субоптимального керування є незалежними і можуть бути розв’язаними в будь-якій послідовності.

На рис. 5 відображено результати роботи програми "Optimdril" у вигляді графіків зміни керувальних дій.

Для наочності інформація відображається у вигляді графіка зміни керувальних дій та у

числовому вигляді оптимальних значень режимних параметрів, яку можна викликати за допомогою клавіш меню, розміщених на віртуальній передній панелі. Таким чином, запропонована система керування забезпечує інформаційну підтримку задачі оптимального керування процесом буріння нафтових і газових свердловин та реалізацію оперативного керування в режимі реального часу.

Література

1 Месарович М., Мако Д., Такадара И. Теория иерархических многоуровневых систем: Пер. с англ. под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

2 Горбійчук М.І., Семенцов Г.Н. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин: Монографія. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 493 с.

3 Горбійчук М.І., Кропивницька В.Б. Субоптимальне керування процесом заглиблення свердловин. // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – №1. – С.24-25.

4 Вошинский В.С., Ролик В.А. Модернізований комплекс засобів наземного контролю і керування процесом буріння нафтових і газових свердловин СКУБ-М2 // Нафтова і газова промисловість. – 2004. – №3. – С. 24-29.

УДК 681.2

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КАПІЛЯРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДОСЛІДНОГО ФОРМУВАННЯ УСТАЛЕНОГО ЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ПРОТІКАННЯ

О.Ф.Козак

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(03422) 42111
e-mail: public@nuing.edu.ua

По результатам анализа теории двойного электрического слоя обобщены научные основы формирования требований к геометрическим характеристикам капиллярных систем для опытного определения состава технологических жидкостей по потенциалу протекания. Условия выбора основных геометрических характеристик капиллярных систем апробированы опытным путем. Разработан и испытан новый тип капиллярной системы – цилиндрический элемент, наполненный стеклянными шариками.

On the basis of the results of analysis of the double electrical layer theory scientific basis for the formation of requirements to capillary systems geometrics for experimental determination of composition of process liquids by their streaming potential have been generalized. The conditions of selection of basic capillary system geometrics have been experimentally tested. A new type of capillary system – a cylindrical element filled with glass balls, has been developed and tested.

Визначення концентрації, хімічного складу сумішей рідин широко застосовується з метою забезпечення протікання різноманітних технологічних процесів нафтогазової й нафтопереробної галузей відповідно до вимог технологічних регламентів. Як зазначалося раніше [1], перспективним з точки зору надійності є задача розроблення методики і пристрою для експрес-аналізу концентрації сумішей рідин на основі електрокінетичних явищ, зокрема, потенціалу протікання: виникнення різниці потенціалів під час руху рідини із властивостями електроліту через пористу перегородку чи капіляри під дією створеного зовні перепаду тиску. За кордоном вивченню та дослідженню цього явища приділяється значна увага [2, 3].

Метою даної роботи є теоретичний аналіз електрокінетичного явища — потенціалу протікання для обґрунтування вибору основних геометричних характеристик капілярної системи та експериментальна перевірка такого вибору. Для розв'язання сформульованої задачі на пер-

шому етапі виконаний аналіз сучасної теорії подвійного електричного шару та явища потенціалу протікання. У контакті твердої поверхні з рідиною електричні заряди не виникають і не зникають, а тільки перерозподіляються між зазначеними фазами. Система зарядів, що при цьому утворюється, отримала назву подвійного електричного шару. Знаки зарядів поверхні та іонів, які знаходяться в рідині й притягнуті до поверхні електростатичними силами, є завжди протилежними.

За сучасними теоретичними уявленнями [2, 3, 4, 5, 6] подвійний електричний шар складається із двох частин: щільної — шару Штерна і дифузної — шару Гуї, що розділені зовнішньою ($x = x_2$) площиною Гельмгольца (рис. 1).

У щільному шарі безпосередньо з поверхнею контактують специфічно адсорбовані іони, тобто адсорбовані за нульового електростатичного потенціалу. Ці іони частково дегідратовані або десольватовані з боку поверхні. Площа, на якій локалізуються електричні центри зазначе-