

# АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БУРІННЯ

**Л. М. Заміховський**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Кафедра комп'ютерних технологій в системах управління та автоматик  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019  
Контактний тел.: (0342) 73-03-66  
E-mail: leozam@ukr.net

**О. А. Шаповал**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра будівництва  
Івано-Франківський університет права ім. Короля Данила Галицького  
вул. Євгена Коновальця, 35, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018  
Контактний тел.: 067-784-63-70  
E-mail: inst.doktor@gmail.com

*У статті запропонована структура автоматизованої системи оптимального керування процесом проходки свердловини до складу якої входить пристрій визначення величини поглиблення бурового інструменту за оберт, в якому вимірювання проводиться без проміжного диференціювання вихідних даних*

*Ключові слова: система управління, критерій оптимізації, структурна схема*

*В статті предложена структура автоматизированной системы оптимального управления процессом проходки скважины в состав которой входит устройство определения величины внедрения бурового инструмента за оборот, в котором измерение производится без промежуточного дифференцирования исходных данных*

*Ключевые слова: система управления, критерий оптимизации, структурная схема*

*In article the structure of the automated system of optimal direction by process of a driving of a well in which structure is offered the device of determination of introduction size of the chisel tool for a turn in which measurement is made without intermediate differentiation of source data*

*Keywords: management system, optimization criterion, structure chart*

## 1. Вступ

Інтенсифікація пошуків і розвідки родовищ корисних копалин залежить від науково-технічного прогресу в управлінні організацією розвідувальних бурових робіт, автоматизації та оптимізації технологічних процесів буріння свердловин. Радикальним методом істотного поліпшення керування технологічним процесом буріння є розробка та впровадження автоматизованих систем керування. Підвищення ефективності цих процесів досягається використанням сучасних методів керування, обчислювальної техніки та досконалої контрольно-вимірювальної апаратури. Процес проходки розвідувальних свердловин супроводжується змінами гірничо-технологічних умов на вибої та зміною стану породоруйнівного інструменту. Це викликає необхідність визначати і встановлювати ефективні значення режимних параметрів безпосередньо в процесі буріння.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка задачі

Для оптимального керування технологічним процесом поглиблення свердловини використовуються пристрої, що реалізують в якості оптимального критерію підтримку постійної механічної швидкості про-

ходки. При цьому параметри режиму буріння задаються виходячи з величини оптимального поглиблення коронки за оберт, яка представляється комплексним показником, що характеризує ефективність руйнування породи під впливом осьового навантаження і частоти обертання [1]. Поглиблення за один оберт при цьому визначається відношенням механічної швидкості до частоти обертання бурового снаряда. Використання відомих пристроїв, що реалізують в якості критерію оптимізації процесу буріння механічну швидкість, призводить до істотних похибок і, як правило, погіршення інших техніко-економічних показників.

Сьогодні найбільш перспективними є автоматизовані системи регулювання та оптимізації процесу розвідувального буріння, які реалізують в якості критерію оптимізації величину поглиблення породоруйнівного інструменту за оберт. Однією із автоматизованих систем оптимального керування технологічним процесом буріння є САОПБ-1, розроблена ВГО «Північукреологія» [2]. Система дозволяє вести оптимальний технологічний процес поглиблення свердловини при ручному керуванні буровим верстатом.

Система складається з блоку керування за тиском промивної рідини та за витратами потужності, задавача оптимального поглиблення алмазної коронки за один оберт, виконавчих органів щодо обмеження впливу осьового навантаження та частоти обертан-

ня, блоку множення, блоку керування за механічною швидкістю і давачів поточної механічної швидкості, тиску промивної рідини, витрат потужності, частоти обертання бурильної колони.

В основу роботи системи закладений критерій оптимального поглиблення свердловини за один оберт  $h_{opt}$ , як критерій оптимізації керування процесом буріння, для отримання оптимальної механічної швидкості буріння  $V_{opt}$ . Він реалізується через математичну модель процесу буріння, покладену в основу САОПБ-1:

$$V_m = f(F) \cdot n_{max} \tag{1}$$

де  $V_m$  – механічна швидкість буріння;  $F$  – осьове навантаження на породоруйнівний інструмент;  $n$  – частота обертання породоруйнівного інструменту.

За визначеною механічною швидкістю  $V_m$  та фіксованою частотою обертання  $n$  розраховують  $h_{opt}$  за такою залежністю:

$$h_{opt} = 16,67 \cdot V_m / n \tag{2}$$

і потім вручну відновлюють на задавачеві. За рахунок сигналу неузгодженості, що надходить зі схеми порівняння витрат потужності на виконавчий орган за частотою обертання, система виводить об'єкт керування на максимальну можливу частоту обертання і формує задане значення  $V_{opt}$ .

При цьому основні недоліки даної системи, які визначають задачу подальшої розробки автоматизованої оптимальної системи керування процесом буріння, є наступними:

- величина поглиблення породоруйнівного інструменту за оберт визначається відношенням механічної швидкості до частоти його обертання. При цьому значення механічної швидкості проходки і частоти обертання бурового снаряда визначаються диференціюванням. Тому величина поглиблення за оберт визначається з істотними похибками;

- оскільки швидкість поглиблення свердловини залежить від швидкості обертання та осьового навантаження, тому недостатньо точно визначений критерій оптимізації не забезпечує раціонального поглиблення бурового інструменту за один оберт, що призводить до заполірування алмазної коронки, а отже до неефективного об'ємного руйнування породи та зношування алмазів.

**Мета і задачі дослідження**

Метою даною статті є вдосконалення системи керування процесом буріння за рахунок підвищення достовірності визначення величини поглиблення за оберт, як критерію оптимізації автоматизованої системи керування. Встановлено, що величина поглиблення за оберт, як критерій керування технологічним процесом поглиблення свердловини. Вона є кількісною і однозначною, володіє універсальністю, тому забезпечує підвищення швидкості проходки  $V_m$ , середнього поглиблення за рейс і продуктивності, зниження питомої витрати алмазів, енерговитрат та собівартості

1-м буріння. В основу оптимізації нами закладено алгоритм:

$$\delta h = \frac{\Delta h}{N} \tag{3}$$

де  $\Delta h$  – приріст проходки;  $N$  – число обертів бурового снаряда на часовому інтервалі, протягом якого досягнуто приріст проходки.

Поставлена мета досягається введенням в автоматизовану систему оптимального керування процесом розвідувального буріння [3], що включає схему керування за тиском промивальної рідини, схему керування за витратами потужності, задавача оптимального поглиблення породоруйнівного інструменту за оберт, виконавчі механізми з обмеження впливу осьового навантаження, давачі тиску промивної рідини, витрат потужності, частоти обертання, пристрою визначення величини поглиблення породоруйнівного інструменту за оберт, оптимального поглиблення за оберт та суматор.

При цьому один зі входів пристрою зв'язаний за допомогою давача проходки зі шпинделем, а другий – з обертачем бурового верстата. Перший вхід суматора з'єднаний з виходом пристрою визначення величини поглиблення породоруйнівного інструменту за оберт, другий вхід суматора з'єднаний з виходом задавача оптимального поглиблення за оберт, а вихід суматора з'єднаний зі входом виконавчого органу осьового навантаження.

Структурна схема автоматизованої системи оптимального керування процесом буріння приведена на рис. 1.

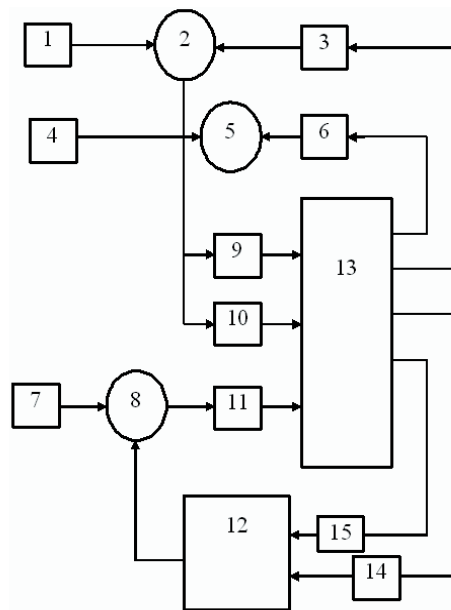


Рис. 1. Структурна схема автоматизованої системи оптимального керування процесом буріння

Система складається із задавача тиску промивної рідини ( $p_{зад}$ ) 1, суматора, схеми керування за тиском промивної рідини 2, давача тиску промивної рідини ( $p$ ) 3, задавача витрат потужності ( $P$ ) 4, суматора схеми керування за витратами потужності 5, давача витрат потужності ( $P$ ) 6, задавача оптимального поглиблення алмазної коронки за один оберт ( $\delta h_{зад}$ ) 7,

суматора оптимального поглиблення за оберт 8, виконавчого органу щодо обмеження впливу осьового навантаження ( $I_oF_{обм}$ ) 9, виконавчого органу за частотою обертання ( $I_{он}$ ) 10, виконавчого органу за осьовим навантаженням ( $I_oF$ ) 11, пристрою визначення величини поглиблення за оберт (ПВВ<sub>о</sub>) 12, об'єкта керування (ОК) 13. При цьому вихід задавача тиску промивної рідини 1 через суматор схеми керування за тиском промивної рідини 2 з'єднаний зі входами виконавчих органів щодо обмеження впливу осьового навантаження 9, за частотою обертання 10 і зі входом давача тиску промивальної рідини 3. Вихід задавача витрат потужності 4 за допомогою суматора схеми керування за витратами потужності 5 підключений до виконавчого органу щодо обмеження впливу осьового навантаження 9, вихід якого підключений до першого входу об'єкта керування 13. Другий вхід об'єкта керування 13 підключений до виходу виконавчого органу за частотою обертання 10. Вихід датчика оптимального поглиблення за один оберт 7 через суматор оптимального поглиблення за один оберт 8 і виконавчий орган за осьовим навантаженням 11 з'єднаний з третім входом об'єкта керування 13. Один з входів пристрою визначення величини впровадження за оберт 12 пов'язаний за допомогою давача збільшення проходки 14 зі шпинделем, а другий вхід – з обертачем бурового верстата об'єкта керування 13, а вихід з'єднаний з суматором оптимального поглиблення за оберт 8. Третій і четвертий виходи об'єкта керування 13 з'єднані з датчиками витрат потужності 6 і тиску промивальної рідини 3.

Підвищення достовірності критерію оптимізації досягається реалізацією інтегральних показників приросту проходки і числа обертів бурильного вала у пристрої визначення величини поглиблення породоруйнівного інструменту за оберт [4]. Функціональна схема перетворювального блоку визначення величини проходки породоруйнівного інструменту за оберт представлена на рис.2.

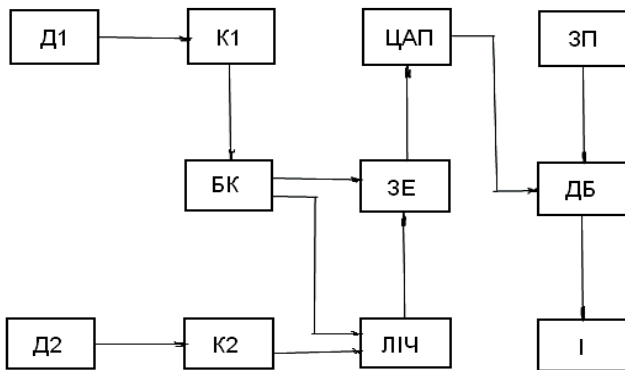


Рис. 2. Функціональна схема перетворювального блоку визначення величини проходки породоруйнівного інструменту за оберт

Пристрій містить: індуктивний давач проходки Д1, підключений через компаратор К1 до блоку керування БК; давач числа обертів Д2, підключений через компаратор К2 до лічильника імпульсів ЛІЧ; блок ділення ДБ, перший вхід якого приєднаний до задавача проходки ЗП а другий – через цифро-аналоговий перетворювач ЦАП і запам'ятовуючий елемент ЗЕ до виходу лічильника ЛІЧ.

Пристрій працює наступним чином. У вихідному положенні, після досягнення давачем приросту проходки Д1 нульового значення, блок керування БК встановлює лічильник імпульсів ЛІЧ в нульовий стан і відкриває рахунковий вхід. Від давача числа обертів Д2 надходять імпульси, що відповідають кожному оберт у породоруйнівного інструменту, і перетворюються лічильником ЛІЧ в цифровий код.

Після переміщення породоруйнівного інструменту на величину приросту проходки  $\Delta h$  з давача Д1 через компаратор К1 до входу блоку керування БК надходить імпульс. При цьому блок керування формує два наступні один за одним короткочасні імпульси, перший з яких відкриває входи запам'ятовуючого елемента ЗЕ, при цьому останній запам'ятовує закодоване лічильником число обертів породоруйнівного інструменту. Другий короткочасний імпульс встановлює лічильник ЛІЧ в нульовий стан, і відбувається черговий підрахунок числа обертів.

Закодоване попереднє значення числа обертів перетворюється ЦАП у постійну напругу, що подається на другий вхід блоку ділення ДБ. Від задавача ЗЕ напруга, пропорційна приросту проходки  $\Delta h$ , подається на перший вхід блоку ділення ДБ. В результаті поділу напруга на виході ДБ пропорційна проходці породоруйнівного інструменту за один оберт. Після досягнення давачем Д1 подальшого збільшення проходки  $\Delta h$  процес визначення повторюється і відбувається черговий цикл перетворення.

Розроблений пристрій визначення величини поглиблення породоруйнівного інструменту за оберт, принцип роботи якого заснований на використанні інтегральних характеристик приросту проходки і числа обертів бурового інструменту на певному часовому інтервалі, дає можливість істотно зменшити мультиплікативні похибки за рахунок усунення проміжного диференціювання. При цьому оптимальне значення поглиблення бурового інструменту за оберт визначається в залежності від конкретних геолого-технічних умов буріння.

На рис. 3 представлена структурна схема автоматизованої системи оптимального керування процесом проходки свердловини. Дана схема включає пристрій визначення величини поглиблення бурового інструменту за оберт, який охоплює: індуктивний давач збільшення проходки 14, підключений через блок керування 18 до керуючих входів запам'ятовуючого елемента 17 і лічильника імпульсів 16. Давач числа обертів 15 через лічильник імпульсів 16 підключений до запам'ятовуючого елемента 17, перший вхід діляльного блоку 21 підключений до задавача приросту проходки 20, а другий – через цифро-аналоговий перетворювач 19 і запам'ятовуючий елемент 17 – до виходу лічильника 16.

Функціонування пристрою визначення величини поглиблення за оберт у даній системі наступне. При переміщенні бурильного вала на інтервал проходки  $\Delta h$  відбувається обертання диска з прапорцями, встановленого в давачі збільшення проходки 14, і переміщення прапорця на валу обертача, за допомогою якого здійснюється зміна стану давача числа обертів 15. При цьому, в результаті відбору електромагнітної енергії з коливального контуру генератора, відбувається зрив генерації.

На виході індуктивних перетворювачів формується сигнал, величина якого може коливатися в межах від 5 до 10·В в залежності від напруги живлення. Після переміщення породоруйнівного інструменту на величину  $\Delta h$  та реєстрації цього значення давачем 14, процес визначення повторюється, і відбувається черговий цикл перетворень.

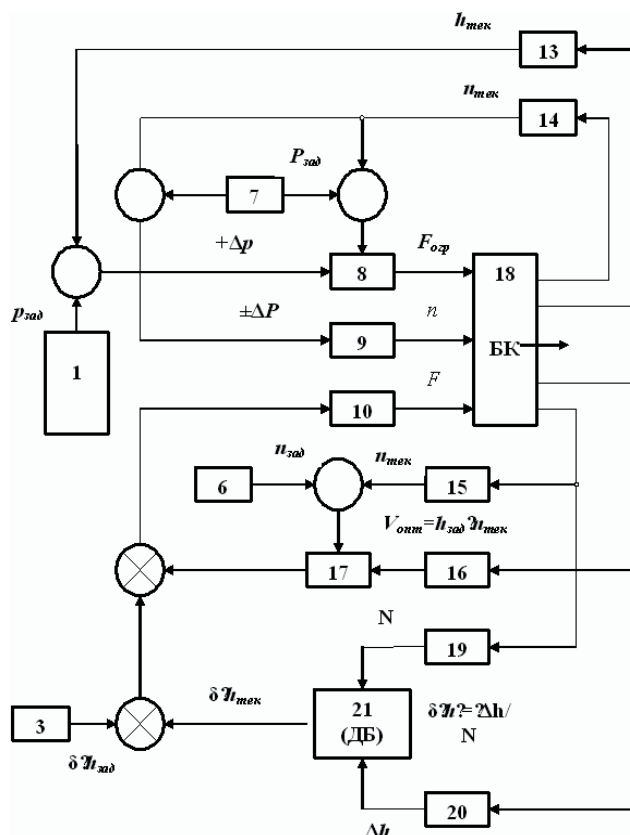


Рис. 3. Структурна схема автоматизованої системи оптимального керування процесом буріння з пристроєм визначення проходки породоруйнівного інструменту за оберт

Автоматизована система оптимального управління процесом буріння працює наступним чином. У вихідному положенні, після досягнення давачем приросту проходки 14 нульового значення, блок керування 18 встановлює лічильник імпульсів 16 в нульовий стан і відкриває рахунковий вхід.

Від давача числа обертів 15 на лічильник імпульсів 16 надходять імпульси, що відповідають кожному оберту породоруйнівного інструменту, і перетворюються лічильником у цифровий код. Після переміщення породоруйнівного інструменту на величину проходки  $\Delta h$  з давача ДПП 14 до блоку керування 18 надходить імпульс. При цьому блок керування 18 формує два наступні один за одним короткочасні імпульси, перший з яких відкриває входи запам'ятовуючого елемента 17, причому останній запам'ятовує закодоване лічильником 16 число обертів породоруйнівного інструменту. Другий короткочасний імпульс встановлює лічильник 16 в нульове положення, і відбувається черговий підрахунок числа обертів. Закодоване попереднє значення числа обертів, потрапляючи на вхід ЦАП 19, перетворюється в постійну напругу, яка подається на другий вхід ділильного блоку 21. Від задавача приросту проходки 20 постійна стабілізована напруга, пропорційна приросту проходки  $\Delta h$ , подається на перший вхід блоку ділення 21. В результаті розподілу напруги на виході ДБ21 формується сигнал, пропорційний проходці породоруйнівного інструменту за один оберт.

**Висновки**

Вдосконалено автоматизовану систему керування процесом буріння шляхом введення в її структуру пристрою визначення величини поглиблення породоруйнівного інструменту за оберт, що дозволило підвищити її достовірність та прийняти величину поглиблення за оберт за критерій оптимізації.

Використання вдосконаленої автоматизованої системи керування процесом буріння дозволить забезпечити оптимальний режим проходки розвідувальних свердловин.

**Література**

1. Бабишин, В.А. Ресурсосберегающая технология алмазного бурения. [Текст] / В.А. Бабишин, В.А. Глоба, О.П. Зайонц, В.И. Набока, В.А. Флянтиков // Разведка и охрана недр. – 1988. – №10. – С. – 27 – 32.
2. А. с. 739219. Система автоматического управления процессом механического бурения [Текст] / Бабишин В.А., Кудрявцев А.Г., Флянтиков В.А. – от 24.08.80, Бюл. №21.
3. Шаповал, О.А. Научное обоснование использования технических средств контроля для автоматизации и оптимизации бурения разведочных скважин [Текст] : монография / О.А. Шаповал. – Ивано-Франковск, 2011. – 304 с.
4. Шаповал, О.А. Визначення проходки за оберт при бурінні геологорозвідувальних свердловин [Текст] : збірник наукових праць / Нафта і газ України. – Івано-Франківськ: Факел, – 2000. – т.2. – 23 – 26 с.