

Винахід відноситься до нафтової і газової промисловості, а саме, до технічних засобів управління режимом буріння нафтових і газових свердловин.

Відомий прилад для визначення ефективного навантаження на долото, який містить в собі давач осьового навантаження на долото, згладжуючий фільтр, диференціюючий пристрій [1], який аналізує залежність осьового навантаження від часу під час спеціально організованого пошуку.

Найближчим до винаходу по сукупності ознак є пристрій для управління процесом турбінного буріння, який складається з давача ваги бурильного Інструменту, чотирьох ключів, блока пам'яті, двох блоків віднімання, блока задання уставки, блока порівняння, тригера, двох порогових елементів, інтегратора джерела еталонного сигналу і елементів логіки [2].

Але цей пристрій не може гарантувати встановлення ефективного навантаження на долото, тому що воно визначається як ордината в точці перегину залежності навантаження від часу шляхом порівняння величини площі криволінійного трикутника з площею звичайного трикутника з тією ж основою, рівною інтервалу часу, необхідного для зменшення навантаження на задану величину  $\Delta P$ , а площа криволінійного трикутника обчислюється як інтеграл різниці фіксованого і біжучого значень навантаження на долото, що вимагає фіксації факту досягнення наперед заданих приростів навантаження на долото  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$ . Сигнал же, пропорційний різниці миттєвих значень, захищений від завад не в більшій мірі, ніж сигнал похідної  $dP/dt$ .

Реалізація відомим пристроєм такого методу не забезпечує необхідної завадостійкості і точності визначення цих площі, як наслідок, ефективного навантаження на долото.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення пристрою для встановлення ефективного навантаження на долото шляхом інтегрування не різниці навантаження на долото, а їх абсолютних значень. Тому вплив завади на результат інтегрування буде на порядок нижчий, т.я. віднімаються два інтеграли, тобто величини, одержані після фільтрації первинного сигналу.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для встановлення ефективного навантаження на долото, що містить блок пам'яті, блок віднімання, три ключі, блок порівняння, блок задання уставки, тригер, формувач імпульсу, логічний елемент І і датчик ваги бурильного інструменту, вихід якого з'єднаний з першим входом блока віднімання і через послідовно з'єднаний перший ключ і блок пам'яті - з другим входом цього блока, а вихід, блока задання уставки з'єднаний з першим входом блока віднімання, і згідно винаходу, додатково містить мультівібратор, другий блок задання уставки, другий і третій блоки порівняння, два реверсивні лічильники, другий формувач імпульсу, два елементи тимчасової затримки, три елементи АБО, другий елемент І, другий, третій, четвертий і п'ятий блоки пам'яті, лічильник імпульсів і індикатор, причому вихід першого блока порівняння з'єднаний з першим входом тригера, а вихід другого блока задання уставки з'єднаний з першим входом другого блока порівняння, вихід якого підключений до другого входу тригера, вихід блока віднімання з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом тригера, а вихід цього елемента І з'єднаний з першими входами першого і другого реверсивних лічильників та входом лічильника імпульсів, виходи цих реверсивних лічильників підключені відповідно до перших входів другого та третього ключа, перший вихід мультівібратора з'єднаний з першим формувачем імпульсу та з другими входами першого реверсивного лічильника та другого ключа, а другий вихід мультівібратора з'єднаний з другим формувачем імпульсів та другими входами другого реверсивного лічильника та третього ключа, вихід першого формувача імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента АБО і через послідовно з'єднаний перший елемент тимчасової затримки підключений до першого входу другого елемента АБО та входу установка "0" першого реверсивного лічильника, а вихід другого формувача імпульсу з'єднаний з другим входом першого елемента АБО і через послідовно з'єднаний другий елемент тимчасової затримки підключений до другого входу другого елемента АБО та входу установка "0" другого реверсивного лічильника, виходи другого та третього ключа підключені до першого входу блока пам'яті, вихід якого з'єднаний з першим входом третього блока порівняння, вихід якого з'єднаний з першим входом елемента І, вихід першого елемента АБО підключений до других входів другого і четвертого блоків пам'яті, вихід другого елемента АБО з'єднаний з другим входом другого елемента І і входом установка "0" лічильника імпульсів, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого блока пам'яті, а вихід четвертого блока пам'яті підключений до першого входу п'ятого блока пам'яті і другим входом першого і другого блоків порівняння, вихід другого елемента І з'єднаний з першим входом третього елемента АБО і другим входом п'ятого блока пам'яті, другий вихід тригера підключений до другого входу третього елемента АБО, вихід якого підключений до другого входу третього блока пам'яті, а вихід п'ятого блока пам'яті з'єднаний з індикатором.

На фігурі приведена схема цього пристрою.

Пристрій для встановлення ефективного навантаження на долото містить в собі давач ваги бурильного інструменту 1, перший ключ 2, перший блок пам'яті 3, блок віднімання 4, мультівібратор 5, перший 6 і другий 7 блоки задання уставки, перший 8 і другий 9 блоки порівняння, перший елемент І 10, перший 11 і другий 12 реверсивні лічильники, перший 13 і другий 14 формувачі імпульсу, тригер 15, перший елемент часової затримки 16, перший елемент АБО 17, другий елемент часової затримки 18, другий елемент АБО 19, другий і третій 21 ключі, другий 22 і третій 23 блоки пам'яті, другий елемент І 24, лічильник імпульсів 25, третій елемент АБО 26, третій блок порівняння 27, четвертий 28 і п'ятий 29 блоки пам'яті, індикатор 30.

Вихід давача ваги бурильного інструменту 1 з'єднаний з входом першого ключа 2 і першим входом блока віднімання 4, вихід якого приєднаний до першого входу першого елемента І 10. Вихід першого ключа 2 приєднаний до входу першого блока пам'яті 3, вихід якого з'єднаний з другим входом блока віднімання 4. Перший вихід мультівібратора 5 з'єднаний з другими входами першого реверсивного лічильника 11, другого ключа 20 і входом першого формувача імпульсу 13, вихід якого приєднаний до першого входу першого елемента АБО 17 і через послідовно з'єднаний перший елемент тимчасової затримки 16 до першого входу другого елемента АБО 19 і входу "Установка 0" першого реверсивного лічильника 11. Другий вихід мультівібратора 5 з'єднаний з другими входами другого реверсивного лічильника 12, третього ключа 21 і входом другого формувача імпульсу 14, вихід якого приєднаний до другого входу першого елемента АБО 17 і через послідовно з'єднаний другий елемент часової затримки 18 до другого входу другого елемента АБО 19 і входу "Установка 0" другого реверсивного лічильника 12. Вихід першого блока задання уставки 6 з'єднаний з першим входом першого блока порівняння 8, вихід якого підключений до першого входу тригера 15. Перший вихід тригера 15 з'єднаний з другим входом першого елемента І 10, вихід якого підключений до перших входів першого 11 і другого 12 реверсивних лічильників і входу лічильника імпульсів 25. Вихід другого блока задання уставки 7 з'єднаний з першим входом другого блока порівняння 9, вихід якого приєднаний до другого входу тригера 15. Другий вихід тригера 15 з'єднаний з другим входом третього елемента АБО 26. Вихід першого реверсивного лічильника 11 з'єднаний з

першим входом першого ключа 20. Вихід другого реверсивного лічильника 12 з'єднаний з першим входом другого ключа 21. Виходи першого 20 і другого 21 ключів з'єднані з першим входом другого блока пам'яті 22, вихід якого з'єднаний з першим входом третього блока пам'яті 23 і другим входом третього блока порівняння 27. Вихід третього блока пам'яті 23 з'єднаний з першим входом третього блока порівняння 27, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І 24. Вихід першого елемента АБО 17 з'єднаний з другими входами другого 22 і четвертого 28 блоків пам'яті, а вихід другого елемента АБО 19 з'єднаний з другим входом другого елемента І 24 і входом "Установка 0" лічильника імпульсів 25, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого блока пам'яті 28. Вихід другого елемента І 24 з'єднаний з першим входом третього елемента АБО 26 і другим входом п'ятого блока пам'яті 29, а вихід третього елемента АБО 26 з'єднаний з другим входом третього блока пам'яті 23. Вихід четвертого блока пам'яті 28 з'єднаний з другими входами першого 8 і другого 9 блоків порівняння і першим входом п'ятого блока пам'яті 29, з'єднаного своїм виходом з індикатором 30.

Принцип роботи пристрою базується на загальновідомому рівнянні:

$$V_n - V_m = \frac{L}{ES} - \frac{dP}{dt}, (1)$$

де  $V_n$  - швидкість подачі верхнього кінця колони бурильних труб;

$V_m$  - швидкість заглиблення долота в породу;

$L$  - довжина колони бурильних труб;

$E$  - модуль пружності матеріалу труб;

$S$  - еквівалентний переріз труби;

$P$  - осьове навантаження на долото.

Прийнявши  $\frac{L}{ES} = K$ , коефіцієнт, що визначається параметрами колони труб, одержимо

$$V_n - V_m = K \frac{dP}{dt}.$$

Якщо швидкість подачі  $V_n = 0$ , то

$$V_m = -K \frac{dP}{dt}. (2)$$

Рівняння (2) вказує метод пошуку оптимального навантаження на долото, для реалізації якого необхідно провести експеримент, який заключається в тому, що долото навантажується максимально допустимим навантаженням  $P_{max}$ , після чого подача верхнього кінця колони бурильних труб припиняється  $V_n = 0$ .

В процесі розбурювання породи, при нерухомій підйомній системі, осьове навантаження зменшується, проходячи всі значення від  $P_{max}$  до наперед встановленого значення  $P_{min}$ .

В процесі розвантаження аналізується величина похідної  $dP/dt$  і запам'ятовується оптимальне навантаження, при якому похідна  $dP/dt$  досягає максимуму.

Пошук раціонального режиму буріння при нерухомій буровій лебідці збільшує завадостійкість визначення і аналізу похідної  $dP/dt$  за рахунок того, що ліквідуються всі завади, які вносять в сигнал давача ваги і сигнал осьового навантаження рух талевого блока, роликів кронблока, барабана бурової лебідки.

Дальше підвищення завадостійкості досягається способом формування і порівняння похідної в процесі пошуку у вигляді кінцевих приростів

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\Delta P}{\Delta t}.$$

Якщо  $\Delta t = \text{const}$ , то значення похідної пропорційне величині приросту навантаження за фіксований інтервал часу  $\Delta t$ .

В свою чергу, величина приросту  $\Delta P$  в інтервалі часу  $2 \Delta t$  може бути визначена виразом

$$\frac{1}{\Delta t} \left( \int_0^{\Delta t} P(t) dt - \int_{\Delta t}^{2\Delta t} P(t) dt \right) = \Delta P_{cp}. (3)$$

Ця різниця завжди позитивна тому, що при нерухомій буровій лебідці в процесі розбурювання породи осьове навантаження може тільки зменшуватись. Це дозволяє замінити операцію диференціювання осьового навантаження операцією віднімання двох інтегралів цієї величини.

Пристрій працює наступним чином. Після спуску бурильної колони в свердловину, перед початком подачі, сигнал давача ваги 1 через короткочасно відкритий ключ 2 запам'ятовується блоком пам'яті 3.

Осьове навантаження на долото по частотному сигналу давача ваги визначається як різниця частоти, що відповідає повній вазі бурильного інструменту (бурильний інструмент спущений, долото ще не торкається вибою), і частоти, яка відповідає навантаженому інструменту. Операція віднімання частот реалізується блоком віднімання 4, на виході якого одержуємо частоту, пропорційну навантаженню на долото.

Перед початком буріння блоками задання уставок 6 і 7 задаються, виходячи з реальних умов буріння і компоненти інструменту, максимально допустиме  $P_{max}$  і доцільне мінімальне  $P_{min}$  значення границь зміни осьового навантаження на долото, тобто інтервал "розвантаження долота".

Після цього долото навантажується максимально допустимим навантаженням  $P_g \geq P_{gmax}$  і подача припиняється (лебідка загальмовується).

По мірі розбурювання породи осьове навантаження починає зменшуватись і при досягненні значення, заданого блоком 6, блок порівняння 8 переключить тригер 15 по входу S в стан логічної "1", в результаті чого частотний сигнал, пропорційний осьовому навантаженню на долото, з виходу блока віднімання 4 через відкритий елемент 10 поступає на перші входи реверсивних лічильників 11 і 12, які працюють в протифазі, тобто коли лічильник 11 виконує операцію "додавання", то лічильник 12 - операцію "віднімання" і навпаки. Такий режим роботи лічильників задається сигналами управління, що формуються мултивібратором 5, по команді яких за період забезпечується послідовність виконання операцій "додавання" і "віднімання". Цикл роботи кожного з цих

лічильників закінчується результатом накопичення імпульсів у вигляді чисел  $N$ , пропорційних приросту осьового навантаження  $\Delta P_{\text{ср}}$  за цей же період,  $N = P_{\text{ср}}$ .

В процесі "розвантаження долота" одержиться деяке число "п" таких циклів, результатом вимірювання в яких буде інформація  $N_1 = \Delta P_{\text{ср}1}$ ,  $N_3 = \Delta P_{\text{ср}3}$ , ..., накопичена першим реверсивним лічильником 11 і  $N_2 = \Delta P_{\text{ср}2}$ ,  $N_4 = \Delta P_{\text{ср}4}$ , ..., накопичена другим реверсивним лічильником 12. Ця інформація через ключі 20 і 21 послідовно передається на вхід блока пам'яті 22 і заноситься в нього кожний півперіод по команді сигналу "Запис 1", який поступає на другий вхід цього блока. Цей сигнал формується в кінці першого півперіоду формувачем імпульсу 13 і елементом АБО 17, а в кінці другого півперіоду - формувачем 14 і елементом АБО 17.

Після занесення інформації в блок пам'яті 22 лічильники 11 і 12 по черзі, через елементи часової затримки 16 і 18, встановлюються в нульовий стан. Крім того, вихідний сигнал цих елементів 16 і 19 перезаписує вміст блока 22 в блок пам'яті 23. Блоком порівняння 27 перевіряється виконання умови  $M_3 < M_2$ , тобто порівнюється приріст  $\Delta P_{\text{ср}}$ , що знаходиться в блоку пам'яті 23 з приростом - в блоку 22.

Основним керуючим сигналом для проходження сигналу запису "Запис 2" через другий елемент І 24 і другий елемент АБО 26 являється вихідний сигнал блока порівняння 27, який знаходиться в стані "логічної 1" при виконанні умови  $M_3 < M_2$ . Коли ця умова порушується, то вихідний сигнал блока порівняння 27 блокує проходження сигналу "Запис 2" і в блоку пам'яті 29 зберігається значення осьового навантаження на долото  $P_{\text{ср}}$ , останнього виміряного приросту  $N$  процесу "розвантаження", що відповідає максимальному значенню  $\Delta P / \Delta t$ . Якщо до закінчення процесу повного "розвантаження долота" знову виконується умова  $M_3 < M_2$ , то після повторного її порушення в блок пам'яті 29 запишеться нове значення навантаження, яке відповідає найбільшому значенню  $\Delta P / \Delta t$  процесу "розвантаження". Це значення буде оптимальним для даної породи при заданих інших параметрах режиму буріння.

Канал вимірювання біжучого значення  $P_{\text{ср}}$  організується шляхом підрахунку кількості імпульсів лічильником 25, що поступають з блока віднімання 4 за фіксований проміжок часу  $\Delta t$  (один півперіод). Інформація цього лічильника, після занесення її в блок пам'яті 28 вихідним сигналом першого елемента АБО 17, стирається командою установка "0" в кожному півперіоді.

В процесі пошуку оптимального навантаження на долото інформація в блоку пам'яті 28 поповнюється кожний півперіод і поступає на вхід блока пам'яті 29, в якому фіксується тільки значення  $P_{\text{опт}}$ . Це значення відтворюється блоком індикацій 30.

Процес "розвантаження" закінчується при досягненні рівності біжучого значення навантаження на долото і заданого мінімального значення.

При цьому вихідний сигнал блока порівняння 9 переключить тригер 15 по входу R в початковий стан (на виході  $\bar{Q}$  сигнал "логічної 1"). Його вихідний сигнал запише в блок пам'яті 23 останнє в процесі "розвантаження" значення приросту  $N$  з блока пам'яті 22, а індикатор 30 відтворює останнє значення навантаження, що знаходиться в блоку пам'яті 29 і схема готова до нового автоматичного пошуку.

Таким чином, пристрій, що пропонується, має підвищену завадостійкість і точність визначення оптимального навантаження на долото по критерію механічної швидкості незалежно від числа екстремумів. Крім того, даний пристрій являється більш універсальним, і може використовуватись як в комплекті з автоматичним регулятором подачі, так і в установках з ручною подачею долота на вибій.

