

Д.И. ПАРАНЮК, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ НА БАЗЕ МОДЕЛИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Рассмотрены вопросы формирования управляющих воздействий в САУ процессом бурения с использованием данных о буримой среде на основе идентификации её геологической структуры

Актуальность проблемы и ее связь с научными и практическими задачами. В технологии открытых горных работ бурение разведывательных скважин является одним из основных, весьма трудоемких и дорогостоящих процессов, так как этот процесс протекает в породном массиве с меняющимися физико-механическими свойствами.

В настоящее время бурение скважин в основном производится по режимно-технологическим картам (РТК). Выбор параметров режимов бурения в проекте и РТК обусловлен предыдущим опытом бурения, известной статистикой, нормами и правилами проводки скважин, которые не являются оптимальными для управления процессом. Кроме того, применение РТК не позволяет оперативно реагировать на изменение ситуации в забое, и результаты бурения зависят только от производственного опыта бурильщика.

Нередко параметры бурения, назначаемые машинистом БС, оказываются ошибочными, что приводит к поломке долота, которое не подлежит ремонту и восстановлению. При бурении разведывательных скважин необходимо назначать такие параметры управления буровым станком, при которых полностью используются его ресурсные возможности. В связи с этим разработка моделей и алгоритмов энергоэффективного оптимального управления процессом бурения на базе модели геологической структуры является актуальной научной задачей.

Анализ исследований и публикаций. Отечественные информационно-измерительные системы (ИИС) контроля и управления процессом бурения ("Леуза 1,2", "Узбекистан 2", "Уралмаш 125А+САОБ", "Зоя 1,2" и др.) проводят оптимизацию процесса только по одному параметру - осевой нагрузке на долото для каждого интервала бурения из проекта, причём определяется не точное значение, а оптимальный интервал изменения осевой нагрузки [1].

Зарубежные ИИС (CDC, DAT и др.) рассчитывают по математической модели два оптимальных параметра - осевую нагрузку и скорость вращения долота, смена породы учитывается в модели изменением параметрических коэффициентов модели для каждой проектной пачки пород, т.е. оперативная адаптация модели к ситуации на забое не производится [2].

Применение автоматизированной системы оперативного управления буровой установкой с учетом данных о буримой среде, непрерывно подстраивающейся к ситуации на забое, позволяет исключить эти и другие недостатки и существенно повысить экономическую эффективность и скорость проходки породы.

Постановка задачи. Целью работы является разработка моделей и алгоритмов энергоэффективного оптимального управления процессом бурения на базе модели геологической структуры.

Изложение основных материалов статьи и результаты. Выполненное исследование включает сбор и анализ данных с целью построения имитационной модели процесса бурения для тестирования различных методик управления буровой установкой [3,4].

Моделирование процесса бурения производилось в пакете MatLab R2012b (8.00) в соответствии с методикой, предложенной в работе [4].

В качестве входных параметров модели процесса бурения были выбраны: D - начальная глубина; N - скорость вращения долота, которая задается машинистом буровой установки; W - осевая нагрузка на долото, является регулируемым параметром.

Осевая нагрузка на долото определяет механическую скорость бурения: чем выше нагрузка, тем выше скорость бурения. Влияние осевой нагрузки на долото в различных горных породах проявляется по-разному. Общим является увеличение скорости бурения при повышении осевой нагрузки. В твердых и крепких породах увеличение осевой нагрузки будет лимитироваться прочностью самого долота, его вооружения, а также бурового вала. В трещиноватых породах во

избежание заклинивания и поломки долота осевую нагрузку снижают. При выборе оптимальных параметров осевой нагрузки необходимо учитывать свойства буримой среды.

Структурная схема модели содержит следующие основные блоки, рис. 1:

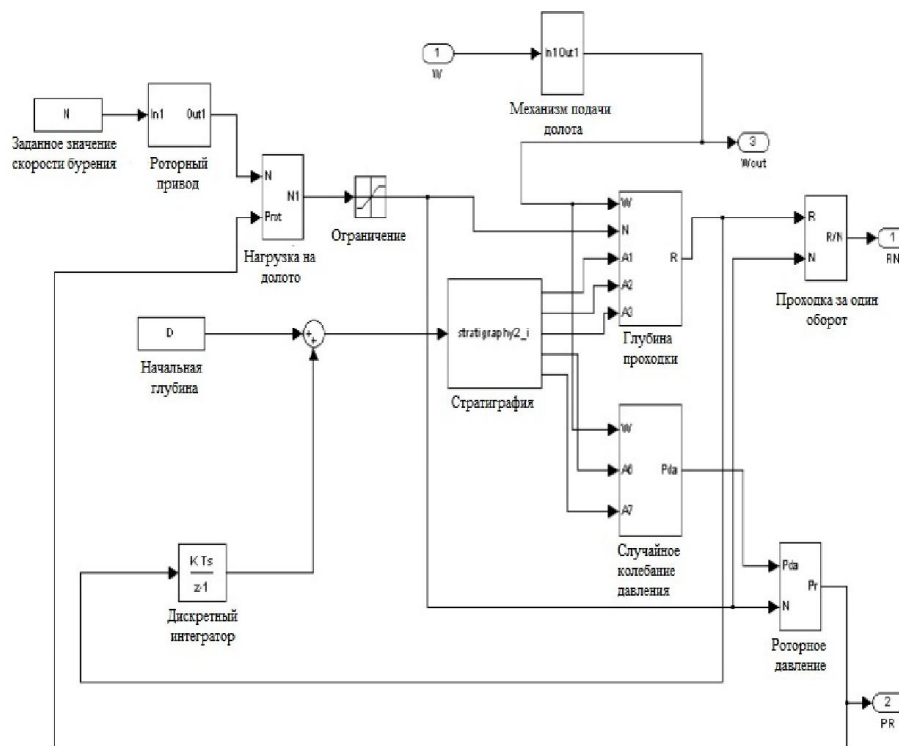


Рис. 1. Обобщенная структурная схема модели процесса бурения

В блоке динамики роторного привода и механизма подачи долота содержатся передаточные функции приводов.

В блоке стратиграфии сопоставляется значение глубины с данными модели геологической структуры [5] для определения текущего типа породы.

В блоке глубины проходки вычисляется скорость бурения на основе входных параметров (W и N) и текущего типа породы

В блоке роторного давления вычисляется роторное давление на основе скорости вращения и текущего колебания давления

Управление осуществляется двумя параметрами [3,4]:

1. Проходка за один оборот по отношению к заданному значению путем регулировки осевой нагрузки на долото

$$R/N,$$

где R - скорость бурения; N - механическая скорость проходки.

2. Роторное давление P_{rot} (эквивалентно крутящему моменту). При контроле этого параметра необходимо поддерживать значение крутящего момента ниже определенного предела путем регулировки осевой нагрузки на долото. Чем выше крепость породы, тем роторное давление будет больше и наоборот.

Целью этого управления является максимизация скорости бурения при заданном значении скорости вращения и текущем значении P_{rot} .

Эти два принципа управления схожи в том, что оперируют одной и той же величиной F (осевая нагрузка на долото), но, тем не менее, они управляют двумя разными процессами. Исходя из этого, предлагается использовать систему автоматического управления с переменной структурой, в которой выбор управления осуществляется исходя из текущих условий эксплуатации.

По умолчанию выполняется управление проходкой за один оборот. Если в определенный момент времени значение роторного давления выходит за пределы нормы, то система

«переключается» на управление роторным давлением до того времени, пока значение проходки за оборот находится в пределах нормы.

Ниже представлен упрощенный псевдо-код алгоритма перехода от одной структуры к другой:

```

if regulating  $\frac{R}{N}$ 
    regulate  $\frac{R}{N}$ 
    if  $\frac{R}{N} < \frac{R}{N_{set}}$  &&  $F_{rot} > F_{zset}$ 
        regulate  $F_{rot}$ 
    end
else
    regulate  $F_{rot}$ 
    if  $\frac{R}{N} > \frac{R}{N_{set}}$ 
        regulate  $\frac{R}{N}$ 
    end
end
end
    
```

Рис. 2. Упрощенный алгоритм перехода между структурами

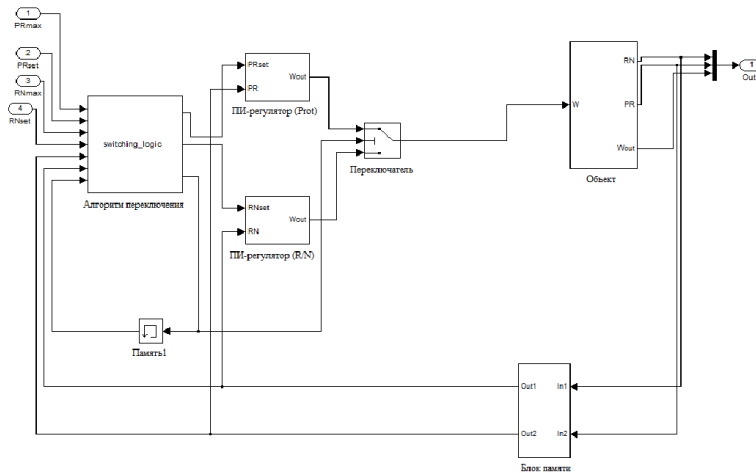


Рис. 3. Структурная схема САУ с переменной структурой

В системе используется так называемый скоростной алгоритм управления, где производная управляющего воздействия применяется к выходной величине y , а не к ошибке e .

$$u(s) = \left[K_p + \frac{K_1}{s} \right] e(s) - \frac{K_v}{1 + T_n s} y(s)$$

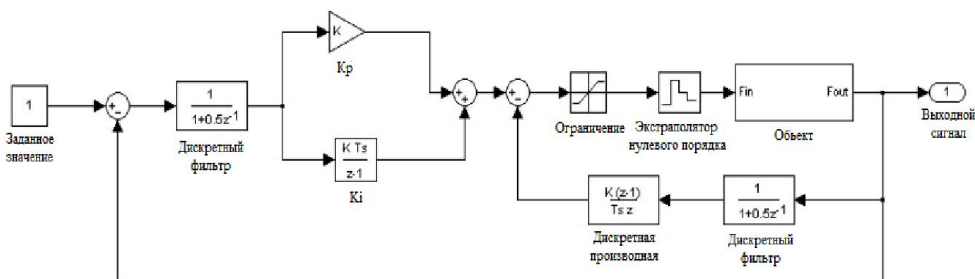


Рис. 4. Структурная схема модифицированного ПИ-регулятора

При моделировании процесса бурения были использованы следующие значения

$$\frac{R}{N_{max}} = 1,54 \text{ см/об} \quad \frac{R}{N_{set}} = 1,27 \text{ см/об}; \quad P_{rot max} = 225 \text{ кг/см}^2 \quad P_{rot set} = 197 \text{ кг/см}^2;$$

$$N = 130 \text{ об/мин.}$$

Коэффициенты передачи для ПИ-регулятора роторного давления

$$K_p=0,5 \quad K_1=2,5 \quad K_v=0.$$

Коэффициенты передачи для ПИ-регулятора проходки за один оборот

$$K_p=400 \quad K_1=5000 \quad K_v=100.$$

Результаты моделирования представлены на рис. 5-8.

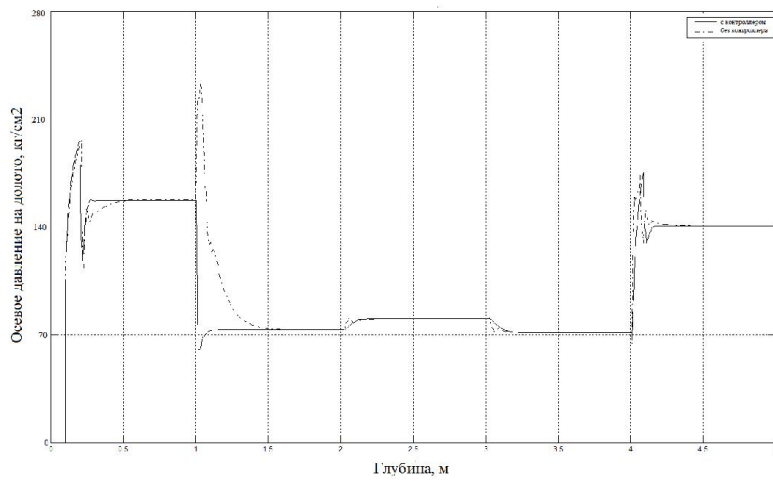


Рис. 5. Осевая нагрузка на долото

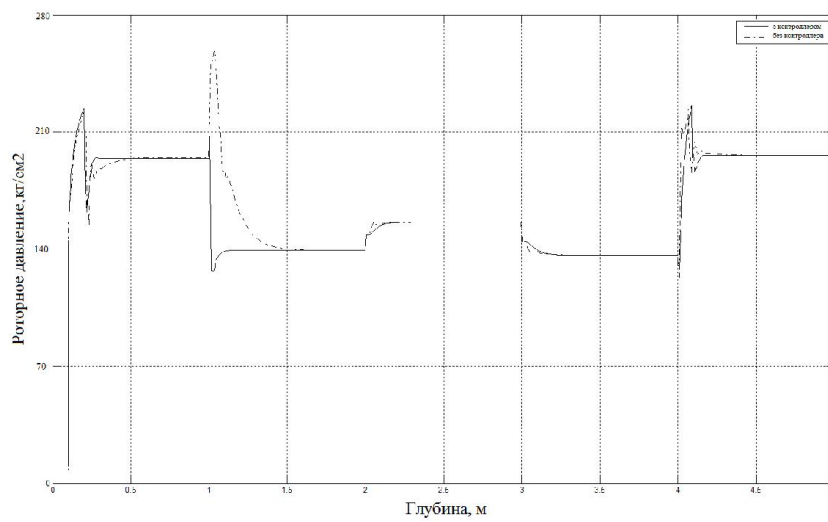


Рис. 6. Роторное давление

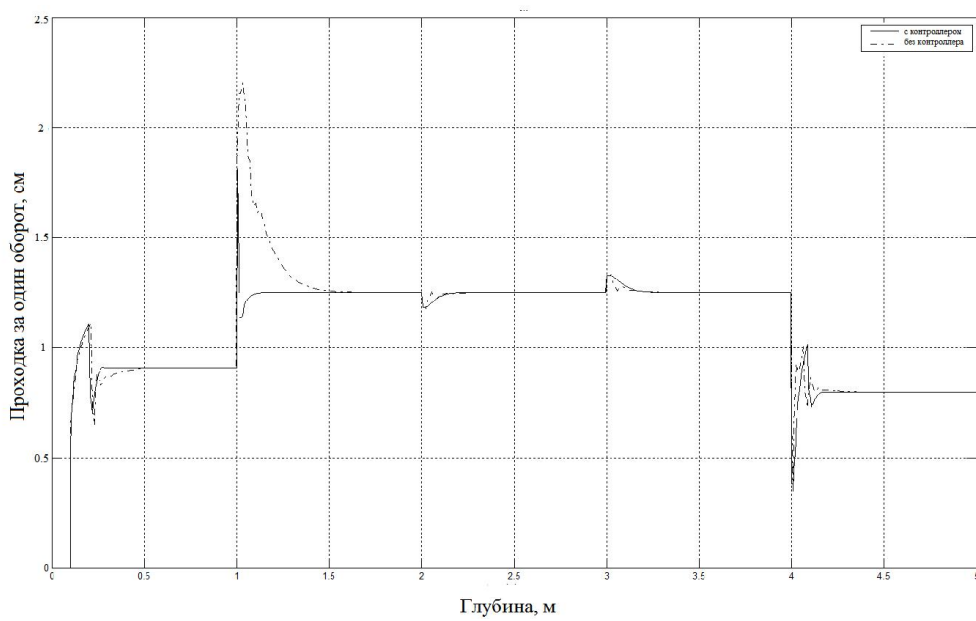


Рис. 7. Проходка за один оборот

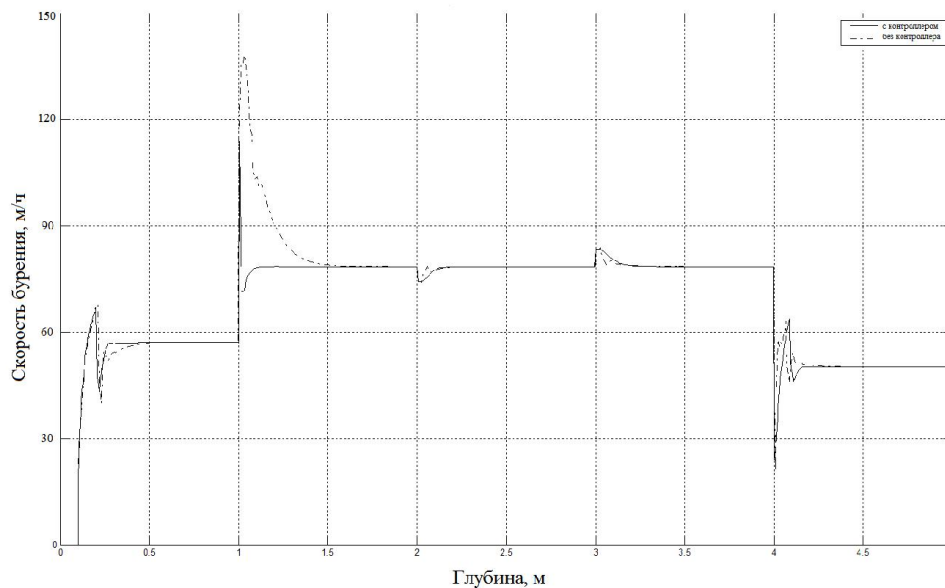


Рис. 8. Швидкість буріння

Висновки. Результати виконаних досліджень свідчать про те, що модифікований ПИ-регулятор успішно справляється з поставленою задачею. Його перевагою перед стандартним ПИД-регулятором є краще швидкодія і стійкість до шумів.

Список літератури

1. Баранникова І.В. Розробка моделей і алгоритмів управління шарошечним станком в режимі буріння / Баранникова І.В. // Дис. канд. техн. наук / Московський державний горний ун-т. - М., 2003. – 134 с.
2. Glass B., Cannon H., Hanagud S., Frank J. Drilling automation for subsurface planetary exploration // Technical Paper, NASA, Ames Research Center, Moffett Field, CA, USA. – 2006.
3. Aboujaoude С.Е. Modeling, simulation and control of rotary blasthole drills / Aboujaoude С.Е. // Master's Thesis / McGill University. – 1991/
4. Daniel Joseph Lucifora. Comparative modeling, simulation, and control of rotary blasthole drills for surface mining / Daniel Joseph Lucifora // Master's thesis / Queen's University, – 2012.
5. Паранюк Д.И. Формування моделі геологічної структури на основі аналізу параметрів процесу буріння / Паранюк Д.И. // Вісник Криворізького національного університету, 2013. - Вип. 34. - С. 94-96.

Рукопис подано до редакції 23.03.13

УДК 621.926.3:004.942

О.Ю. МИХАЙЛЕНКО, асистент, ДВНЗ «Криворізький національний університет»,

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОНУСНОЇ ДРОБАРКИ З УРАХУВАННЯМ РОЗДІЛЕННЯ КАМЕРИ ДРОБЛЕННЯ НА ЗОНИ

Розроблено математичну модель конусної дробарки з розділенням камери дроблення на зони, яка враховує фізико-механічні властивості руди і енергетичні характеристики технологічного процесу.

Проблема і її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Агрегати, що входять в технологічний потік процесів рудопідготовки виконують функції переробки матеріалу, що поступає в головні механізми, транспортування готової продукції і складування її у бункерах. Використання короткоконусних дробарок дрібного дроблення з пологим конусом на кінцевих стадіях технологічного процесу отримало достатньо широке розповсюдження. Відмінність даного типу дробарок обумовлюється формою дробильного конусу, збільшеною паралельною зоною і зменшеним розміром вихідної щілини [1].

Для ефективного керування рудопідготовкою потрібно детально розглядати процеси, що відбуваються у дробарках. Складність виконання промислових випробувань на реальних установках обумовлює необхідність розробки адекватних математичних моделей технологічних агрегатів для дослідження режимів їх роботи.