



## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ С АДАПТАЦИЕЙ К РАЗНОВИДНОСТИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ



### **Владимир Моркун**

доктор технических наук, профессор  
проректор по научной работе  
Криворожский национальный университет, Украина  
[morkunv@gmail.com](mailto:morkunv@gmail.com)



### **Виталий Тронь**

кандидат технических наук  
доцент кафедры автоматизации, компьютерных наук  
и технологий  
Криворожский национальный университет, Украина  
[vtron@ukr.net](mailto:vtron@ukr.net)



### **Дмитрий Паранюк**

инженер департамента по безопасности  
ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», Украина  
[paranyuk@i.ua](mailto:paranyuk@i.ua)

Процесс бурения горной породы характеризуется наличием значительного количества неопределенных параметров объекта, а также нестационарностью характеристик. В данных условиях целесообразным является разработка и применение регуляторов, параметры которых адаптируются так, чтобы при изменяющихся параметрах объекта точность и качество управления процессом бурения оставались в заданном диапазоне значений. Таким образом, актуальной задачей является формирование идентификатора объекта управления на основе нечеткой и неполной информации.

В общем случае при формировании адаптивного управления процессом бурения горной породы необходимо учитывать, что на объект управления

вливают следующие типы входных воздействий: задающие  $X^*(t)$ , управляющие  $U(t)$  и возмущающие  $Z(t)$ . Поведение объекта, которое характеризуется выходными переменными  $Y(t)$ , зависит от множества неизвестных параметров  $\xi$  с заданным множеством допустимых значений  $\Xi$ , среди которых следует выделить физико-механические характеристики разновидностей горной породы. В данном случае необходимо сформировать такое управление, которое бы обеспечило заданные показатели качества процесса бурения при всех допустимых значениях неизвестных параметров  $\xi$ .

Задачей работы является исследование методов формирования модели для системы адаптивного управления процессом бурения с идентификатором объекта управления.

В условиях быстро изменяющихся показателей процесса бурения скважин целесообразно использовать стратегию иерархического адаптивного управления. В соответствии с данной стратегией предлагается использование двух уровней в системе управления, которая объединяет функции идентификации управляемого процесса и управления им.

Источником информации о ходе процесса бурения может быть как результаты непосредственных измерений, так и результаты математической обработки и последующей интерпретации косвенных признаков. В процессе исследования осуществляют контроль следующих параметров: скорость бурения, скорость вращения, тяги, крутящий момент. Также, кроме названных параметров существует возможность использования осевой нагрузки при идентификации геологической структуры рудной породы в процессе бурения.

Реализацию блока прогнозирования предлагается реализовать на основе адаптивной нейро-нечеткой системы, которая реализует систему нечеткого вывода Сугено в виде пятислойной нейронной сети прямого распространения сигнала. Наилучшие показатели получены при использовании трапецеидальных функций принадлежности – минимальное время обучения, и Гауссовых функций принадлежности – минимальная ошибка прогнозирования. Следует отметить, что вид функции принадлежности не оказывает существенного воздействия на результат прогнозирования. В дальнейшем использована Гауссова функция принадлежности, обеспечивающая наименьшее время обучения.

Исследование влияния количества задержанных входов на показатели эффективности идентификации показали, что наилучшие результаты достигаются при 3 – 4 задержанных входах.

Таким образом, при обработке и анализе текущей информации об оперативных характеристиках процесса бурения и формировании адаптивного управления целесообразно применение нейро-нечетких структур с двумя Гауссовыми функциями принадлежности термов для каждой переменной и 3 – 4 задержанными входами.