

## **АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ УСТАНОВОК ШНЕКОВОГО БУРЕНИЯ**

**Нагорский А.В., Казаченко Г.В.**

*Белорусский национальный технический университет*

*В работе выполнен анализ перспективы повышения производительности установок шнекового бурения на основе разработки системы автоматического регулирования их режимных параметров. Рассмотрены возможные варианты структуры системы автоматического управления режимными параметрами, способной обеспечить экстремальное ведение процесса бурения вертикальных скважин с максимальной механической скоростью.*

Технология шнекового бурения скважин различного назначения в мягких породах и породах средней твердости широко применяется во многих отраслях промышленности. Это обусловлено способностью транспортирования выбуренной горной массы из скважины шнековой буровой колонной с производительностью в 5-10 раз превосходящей все известные способы бурения [1], и связанных с этим потенциально более высокими скоростями механического бурения, наличием дополнительных технологических и технико-экономических преимуществ, присущих этому методу «бурения всухую».

Данная технология и средства ее механизации продолжают развиваться и специализироваться в интересах бурения геологопоисковых, геологоразведочных, инженерно-геологических, сейсмических, взрывных, гидрогеологических, инженерно-строительных, эксплуатационных на воду, скважин иного назначения. Методом шнекового бурения проходятся в большинстве случаев мелкие скважины в рыхлых и мягких массивах горных пород глубиной от нескольких метров до 30-50, иногда до 80 м, диаметром от 60 до 600-800 мм [2] и взрывные скважины глубиной 24-25 м, диаметром 125-200 мм по углю и другим горным породам не выше VI категории по 12-бальной шкале буримости [1,3].

Одной из причин, не позволяющей реализовать отмеченную выше потенциально высокую механическую скорость бурения установок шнекового бурения, является отсутствие до настоящего времени в их системах управления средств объективного контроля и автоматического регулирования режимных параметров в

случайно-изменяющихся геологических условиях бурения.

Из практики шнекового бурения известно [1, 2], что его производительность, оцениваемая по величине механической скорости проходки скважины, зависит от физико-технических свойств разбуриваемого массива горной породы, типа применяемого долота, конструктивных параметров транспортирующего шнека, физического состояния бурового инструмента, технологических режимов бурения.

К числу регулируемых в процессе шнекового бурения режимных параметров буровой установки, определяющих механическую скорость проходки, относят [1, 3] осевую нагрузку на долото и угловую скорость вращения буровой колонны. Известно, что увеличение любого из названных регулируемых параметров приводит к росту механической скорости проходки [1, 2].

Сложность оптимального управления процессом проходки скважины заключается в необходимости строгого согласования механической скорости бурения с угловой скоростью шнекового транспортера, обеспечивающего установившийся процесс транспортирования шнеком горной массы из скважины [1 – 4]. Неправильно выбранные оператором установки скорость подачи бурильной колонны или ее угловая скорость могут явиться причиной или неоправданного занижения производительности буровой установки, или появления осложнений в бурении, обусловленных “заштыбовкой” межвиткового пространства транспортирующего шнека горной массой. В итоге, в обоих случаях не удастся использовать потенциально высокие возможности существующего бурового оборудования, что обусловлено интуитивным способом “ручного” выбора названных режимных параметров.

Для реализации присущей методу шнекового бурения высокой производительности требуется разработка системы оптимального автоматического управления режимными параметрами буровой установки, способной в случайно изменяющихся условиях бурения обеспечить проходку скважин без осложнений с изменяющейся, но максимально возможной по технической характеристике ее приводов механической скоростью.

Сама постановка задачи создания систем автоматического управления режимными параметрами буровых установок, в том числе и шнекового бурения, далеко не нова. Различные аспекты принципиального ее воплощения активно рассматривались многими исследователями, начиная с шестидесятых [5] вплоть до середины восьмидесятых годов прошлого столетия, в контексте

определения перспективных путей повышения производительности и эффективности применения карьерных шнековых буровых станков [6]. Наступивший в девяностые годы спад исследовательской активности, наблюдается и в настоящее время.

Приходится констатировать, что несмотря на существенный прогресс в области математического моделирования и численной оптимизации процессов бурения, внедрение в практическое бурение элементов автоматического регулирования отдельных режимных параметров, современные серийно выпускаемые отечественные станки шнекового бурения, по-прежнему, не оснащены системами комплексного автоматического управления режимными параметрами, что обусловлено:

- сложностью процесса взаимодействия бурового инструмента с массивом горной породы;
- взаимным влиянием режимных параметров процесса в изменяющихся условиях бурения;
- случайно изменяющимися физико-технических параметрами разбуриваемых массивов горных пород;
- отсутствием адекватной математической модели установленного процесса шнекового бурения, позволяющей изучить закономерности изменения экстремальных режимов углублении скважины и разрабатывать алгоритм соответствующего функционирования системы оптимального автоматического управления режимными параметрами;
- отсутствием общепринятого критерия оптимизации процесса шнекового бурения.

Из приведенного анализа следует, что задача оптимального управления режимными параметрами шнековой буровой установки, принципиально должна решаться системой автоматического регулирования ее приводами на основе объективного формирования соответствующих управляющих сигналов. В основу программного обеспечения системы автоматического управления может быть положена адаптивная модель установленного процесса бурения, описываемая системой балансовых уравнений [4], устанавливающих соответствие производительности транспортирования из скважины буровой мелочи шнековой колонной производительности долота; а также соответствие фактических затрат мощности регулируемых приводов их установленной мощности.

Очевидно, что такая постановка задачи автоматического регулирования режимных параметров в изменяющихся горно-

геологических и горнотехнических условиях, и адекватно соответствующих им установившихся режимах бурения, должна обеспечить экстремальное ведение процесса с максимальной возможной механической скоростью проходки. Функционально названная система автоматического регулирования способна предотвращать наступление аварийных ситуаций в бурении, обусловленных нарушением отмеченных выше балансовых соотношений.

Определение перспектив реализации предлагаемой системы автоматического регулирования режимных параметров шнекового бурения требуют исследования и анализа возможностей математической модели процесса [4], разработки рациональных алгоритмов принципиального функционирования системы регулирования режимных параметров на базе разработанной математической модели установившегося процесса, анализа современного состояния и возможностей программного и аппаратного обеспечения систем автоматического регулирования режимных параметров, анализа вариантов рационального выбора современного регулируемого привода исполнительных органов буровых установок.

В соответствии с математической моделью установившегося процесса шнекового бурения вертикальных скважин [4] в экстремальных режимах бурения, т.е. с максимально возможной механической скоростью по складывающимся горногеологическим и горнотехническим условиям и по технической характеристике буровой установки, требуются непрерывный контроль и автоматическое регулирование следующих режимных параметров:

- угловой скорости на входном валу привода вращателя, определяющей транспортную способность и производительность шнекового става бурильной колонны;

- величины подачи бурильной колонны на забой скважины, приходящейся на один оборот бурильной колонны, определяющей баланс производительности шнекового транспортера и долота в экстремальных установившихся режимах бурения;

- крутящего момента на входном валу привода вращателя, определяющего совместно с угловой скоростью текущие затраты мощности на этот привод;

- осевого усилия механизма подачи бурильной колонны на забой скважины, определяющего одновременно механическую скорость бурения, производительность бурового долота по разрыхленной горной массе и затраты мощности [2].

Из перечисленных параметров три первые являются регули-

руемыми переменными системы управления приводами буровой установки, как объекта управления, и качественно связаны между собой определенными аналитическими зависимостями, входящими в систему уравнений математической модели [4] установившегося процесса шнекового бурения.

Отдельному предварительному исследованию и численному определению подлежит зависимость механической скорости бурения от осевого усилия и угловой скорости вращения бурового инструмента, как базового режимного соотношения в экстремальном бурении [7] в области допустимых значений этих параметров по условию соответствия их установившемуся режиму шнекового бурения [4].

Требования к структуре главных приводов объекта управления могут быть сформулированы следующим образом:

- буровая установка с автоматическим регулированием режимных параметров должна иметь независимые плавно регулируемые приводы вращателя и подачи бурильной колонны на забой с требуемыми диапазонами варьирования регулируемых режимных параметров;

- при выборе типа приводов для мобильных геологоразведочных буровых установок следует отдать предпочтение применению независимых регулируемых объемных гидроприводов, позволяющих создавать на их основе компоновочные технические решения исполнительных механизмов, наиболее рациональные для полевых условий эксплуатации;

- по способу регулирования скорости выходных звеньев объемного гидропривода предпочтительно применение схемы “насос с регулируемой подачей рабочей жидкости – нерегулируемый двигатель вращательного или поступательного движения”, выгодно отличающихся по эффективности от схем дроссельного регулирования скорости выходного звена;

- для карьерных шнековых буровых станков с питанием от подстанций промышленных сетей электроснабжения предпочтительным является применение частотно-регулируемого электропривода переменного тока, выполненного по системе ЧП-АД, как наиболее соответствующего по надежности и ряду других эксплуатационных характеристик условиям эксплуатации буровых станков.

Главным требованием к управляющей микропроцессорной системе буровой установки является ее способность обеспечить, в соответствии с алгоритмом записанной в памяти управляющей программы, требуемое качество автоматического регулирования

перечисленных выше режимных параметров приводов на основе:

- непрерывного, с заданной периодичностью, пошагового контроля текущих значений режимных параметров (входных сигналов), генерируемых соответствующими датчиками и передаваемых по каналам обратной связи на входы микропроцессора;

- сравнения текущих значений режимных параметров с требуемыми их оптимальными значениями, позволяющими согласно математической модели процесса обеспечить достижение поставленной цели регулирования: выполнять проходку скважины в установившемся режиме бурения с максимально возможной механической скоростью;

- изменения, соответственно знаку и величине рассогласования, текущих значений выходных управляющих сигналов, передаваемых по каналам связи на автоматические пропорционально-интегральные регуляторы числа оборотов соответствующих приводов.

Наряду с этим микропроцессорная система автоматического управления должна обеспечивать непрерывный контроль текущих значений механической скорости бурения, крутящих моментов на регулируемых приводах, глубины скважины и реального времени бурения, обеспечивать защиту (отключение приводов) буровой установки при наступлении заданных заранее критических значений контролируемых параметров.

Микропроцессорная система управления должна обеспечить также удобный интерфейс общения оператора буровой установки с системой ее управления, иметь программный интерфейс соединения процессора с персональным компьютером, программатором или с панелью оператора для ручного ввода или ввода с помощью пакета ПО алгоритма управляющей программы, параметров регулирования, начальных и ограничивающих значений регулируемых переменных.

Перечисленным требованиям согласно имеющимся результатам стендовых лабораторных испытаний элементов систем автоматизированного управления карьерных станков шарошечного бурения [6, 8] в полной мере по критерию цена-производительность соответствуют схемы автоматического микропроцессорного регулирования на базе программируемых логических контролеров (ПЛК).

На примере функциональной структурной схемы уже опробованной микропроцессорной системы автоматизации бурового станка СБШ-250/270-15 [8] можно сформулировать следующие

общие требования к выбору аппаратной архитектуры базового блока ПЛК системы экстремального автоматического регулирования режимных параметров установок шнекового бурения:

- наличие центрального процессора с рабочей областью (ОЗУ) и областью данных (EEPROM) энергонезависимой памяти и функциями обработки и преобразования сигналов ввода/вывода, со встроенным внутренним источником питания постоянного тока;

- встроенный интерфейс RS-232C (COM-port) для подключения ПК;

- наличие операторского терминала для графической визуализации хода процесса бурения с аварийной сигнализацией, с переключателем выбора способа управления буровой установкой (автоматический или ручной);

- наличие четырех свободных аналоговых входов, с запасом соответствующих числу датчиков контроля режимных параметров (глубины скважины, крутящего момента на приводе вращателя, осевой нагрузки на долото);

- наличие четырех цифровых входов, также с запасом соответствующих числу цифровых датчиков режимных параметров (счетчик импульсов, таймер, переключатель режимов управления);

- наличие восьми стандартных аналоговых и цифровых выходов (по четыре выхода), с необходимым запасом соответствующих числу регулируемых приводов (приводы вращателя и механизма подачи).

### **Библиографический список**

1. Башкатов Д.Н. Вращательное шнековое бурение геолого-разведочных скважин / Д.Н. Башкатов, Ю.А. Олоновский. – М.:Недра, 1968. – 192 с.

2. Кардыш В.Г. Бурение неглубоких скважин / В.Г. Кардыш, Б.В. Мурзаков, А.С. Окмянский. – М.:Недра, 1971. – 240 с.

3. Подэрни Р.Ю. Горные машины и автоматизированные комплексы для открытых работ / Р.Ю. Подэрни. – М.:Недра, 1979. – 615 с.

4. Казаченко Г.В. Исследование процесса шнекового бурения / Г.В. Казаченко [и др.]. // Горная механика и машиностроение. – 2012. – №3. – С. 65-74; – 2013. – №3. – С. 56-60.

5. Волков А.А. Перспективы создания буровых установок с самонастраивающимися системами управления / А.А. Волков. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1963. –

журнал. – 1963. – №1. – С. 150-157.

6. Ситников Н.Б. Система автоматизированного управления станком шнекового бурения / Н.Б. Ситников, Н.Н. Кученов, Е.Ю. Борисов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1990. – №8. – С. 97–103.

7. Ситников Н.Б., Трапезников В.Т. Определение базовых значений режимных параметров при бурении скважин / Н.Б. Ситников, В.Т. Трапезников. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1984. – №8. – С. 109–111.

8. Медведев А.Е. Микропроцессорная система автоматики карьерного бурового станка // Вестник КузГТУ. – 2006. – №4. – С. 77–79.

УДК 622. 249.5

## **ВСКРЫТИЕ И ПОДГОТОВКА ПРИ ВАЛОВОЙ ВЫЕМКЕ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ С ПРОСЛОЯМИ И ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПОРОД НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЗАРМИТАН**

**Норов Ю.Д., Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Боймуродов Н.А.**  
*Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан*

*Проведены исследования на золоторудном месторождении Зармитан. Обоснованы схемы вскрытия и подготовки сложных рудных тел с прослоями и включениями пород.*

Особенностью месторождения Зармитан (Республика Узбекистан) является то, что при вскрытии месторождения подземным способом учитывался рудник открытой добычи.

Схема вскрытия зависела от природных и технологических факторов, в частности, от рельефа местности, промышленных запасов руды месторождения, горизонтальной эксплуатационной площади рудных тел, глубины залегания месторождения от поверхности.

Схему вскрытия месторождения выбирали, сопоставляя технико-экономические характеристики нескольких вариантов:

1. Производили компоновку всех схем вскрытия, подлежащих экономическому сравнению, и по чертежам определяли длину капитальных горных выработок.