

УДК 622.233-52/-53

К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ БУРЕНИЯ

Т.Ю. Каплина

Рассматриваются различные принципы управления и регулирования режимами бурения скважин. Представлены графики управления режимами бурения по различным факторам.

Ключевые слова: управление режимом бурения; механизм разрушения пород; идентификация породы; акустико-спектральные измерения; информационный канал.

TO THE ISSUE OF REGULATION REGIMES DRILLING

T.U. Kaplina

The work is devoted to the definition of the basic principles of regulation and management regimes of well drilling. The graphics of management regimes drilling on various factors are submitted.

Keywords: regulation regimes drilling; mechanism of rock failure; rock identification; acoustic spectral measurements; information channel.

Механические и некоторые другие свойства массива и его естественное состояние при бурении меняются. Необходима достаточно объективная информация о физических и механических свойствах горных пород как объекта разрушения при бурении. Нужные параметры необходимо исследовать при наиболее точном моделировании реальной забойной характеристики.

Проанализировать и математически описать все эти параметры можно лишь с помощью показателей физико-механических свойств пород.

Наименее изучены технологические процессы разрушения горной породы при бурении. Достоверной информацией о характере протекания забойных процессов на сегодняшний день являются показания наземных приборов и состояние инструмента после его подъема на поверхность. Но по этой информации практически невозможно определить физическую природу горной породы. Это значит, что невозможно осуществить точный контроль механизма разрушения горной породы, это означает, что традиционные принципы получения информации о забойных процессах практически исчерпали свои возможности.

Автоматизированное управление бурением взрывных скважин предусматривается во всех АСУ ТП существующих ныне горных предприятий с открытой системой разработки, и не потеряет своей актуальности для горных предприятий в будущем. Автоматизация процессов бурения позволяет увели-

чивать объемы добываемого полезного ископаемого за счет повышения производительности буровых станков и снижения его себестоимости.

Обеспечить оптимальность бурения при ручном управлении крайне затруднительно, практически невозможно. Крепость горных пород (буримость) чередуется, поэтому работа бурового станка осуществляется в условиях высокой неопределенности. Необходима автоматизация процесса бурения. Главный вопрос – выбор принципа управления режимами бурения. приведем некоторые принципы управления [1]:

Принципы управления режимами бурения на основе исходной модели и поиска. Эти принципы активно-пассивного типа используют, наряду с моделью бурения, элементы активного поиска экстремума двух типов: поиск методом стандартных режимов и экстремальный поиск по одному из переменных режимов бурения [2].

Метод стандартных режимов (проб) применяют при стандартных значениях технологических параметров бурения. Анализируют и исследуют процесс бурения на этих режимах в породах различной крепости. Методом статистического усреднения находят зависимость между крепостью и скоростью бурения и строят график (рисунок 1). Идентифицирующая кривая позволяет быстро определять (опознать) категорию или крепость породы по скорости бурения на стандартных режимах. Затем вручную или автоматически

устанавливаются оптимальные для данной породы (по критерию себестоимости) технологические параметры бурения. Реализация управления осуществляется методом релейных переключений, программных переключений, функциональных датчиков и вручную с помощью графиков функций $G = f(V_m)$, $n = f(V_m)$ или специальных шкал и указывающих приборов. *Достоинство* принципа – использование метода идентификации.

При *экстремальном* поиске режимов бурения используется априорная модель бурения с целью реализации некоторой оптимальной функциональной зависимости между технологическими параметрами бурения и специальным поиском частного экстремума скорости бурения, удельных энергозатрат или условного износа долота (рисунок 1).

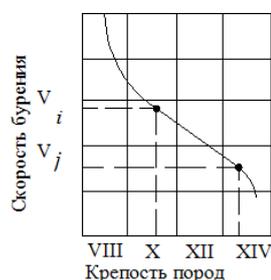


Рисунок 1 – График для определения крепости пород по скорости бурения

Принципы управления режимами бурения на основе поиска экстремума относятся к классу активных, и не требуют построения исходной модели бурения, выполняют независимую оптимизацию технологических процессов. Они делятся на принципы прямой и косвенной оптимизации технологических параметров бурения.

Принцип прямой оптимизации – определение естественного экстремума скорости бурения, удельных энергозатрат и других параметров в области допустимых значений технологических параметров бурения с применением известных методов многоканального экстремального поиска.

Косвенная оптимизация – определение искусственного или условного экстремума измеряемого показателя бурения, который с заданной точностью совпадает с естественным экстремумом не измеряемого показателя бурения. Последний обычно представляет собой обобщающий критерий типа себестоимости, производительности и качества.

Безпоисковые принципы экстремальной настройки режимов бурения позволяют определять экстремумы критериев оптимальности без поиска на объекте. К ним относятся: дифференциальные принципы настройки, применение эталонных моделей, использование корреляторов, самонастраивающихся моделей и т. д.

Принцип управления режимами бурения на основе исходной модели бурения [2]. Основан на допущении – вид модели бурения остается неизменным, изменяются лишь ее параметры. Исходная модель может быть получена путем статистической обработки данных, полученных в процессе экспериментов или в режиме нормальной работы бурового станка.

Преимущества: высокое быстродействие, простота аппаратной реализации, обеспечение устойчивости управляющих систем, использование некоторых реализованных систем.

Недостатки: жесткость алгоритма управления, отсутствие учета ряда факторов: а) абразивности и трещиноватости пород, б) нестационарности массы бурового става; необходимость большого объема предварительных исследований.

Этот принцип имеет перспективу широкого и эффективного применения на практике.

Принцип управления режимами бурения по параметрам вибрации – обеспечение максимального давления на долото и регулирование частоты вращения по уровню вибрации [3]. Если уровень вибрации превышает заданный предел, то автоматически поступает команда на снижение частоты вращения. На рисунке 2 показан график зависимости осевой нагрузки G на долото от частоты вращения n .

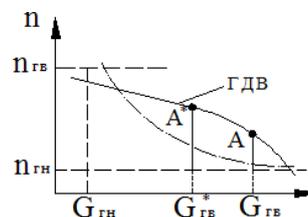


Рисунок 2 – Графики управления шарошечными станками по уровню вибрации

Траектория движения изображающей точки (ИТ) на плоскость управляющих воздействий (ПУВ) имеет вид прямой линии $G_{гв} = \text{const}$. При изменении n ИТ, двигаясь по указанной прямой, переводится в точку A , на границу допустимых вибраций (ГДВ), общий вид которой показан на рисунке 2.

Следовательно, если долото допускает максимальное осевое усилие $G_{гв}^*$, то аналогично необходимо вывести ИТ в точку A^* . Конкретный вид ГДВ при этом обычно заранее не известен и зависит от крепости пород, частотных нестационарных характеристик станка и става штанг и других факторов, при изменении которых ГДВ будет перемещаться на ПУВ, а точки A или A^* – вдоль линии $G_{гв} = \text{const}$ или $G_{гв}^* = \text{const}$. Поэтому требуется их автоматическое отслеживание.

Данный принцип наиболее интересен в области регулирования шарошечного бурения, если имеется датчик параметров вибрации: амплитуды, виброускорения. Принцип управления имеет простую аппаратную реализацию, что позволяет автоматизировать процесс бурения.

Принципы программного управления режимами бурения основаны на учете переменных параметров и коррекции выбираемых режимов. *Достоинства* – повышение эффективности без поисковых принципов управления, использующих априорную модель бурения. *Недостаток* – выбор режимов бурения ограничивается трудностью предсказания (определения) чередования пород.

Принципы одноканального управления режимами бурения осуществимы при воздействии только на одну из переменных режимов бурения. На плоскости управляющих воздействий траектория изображающей точки одноканальной системы имеет вид прямой, параллельной оси нагрузок или частот вращения (рисунок 2).

Достоинства: универсальность, пригодность для оптимизации разных видов вращательного и ударно-вращательного бурения, уменьшение количества необходимой априорной информации за счет использования апостериорной информации об объекте.

Акустико-спектральные измерения в призабойной зоне буримой скважины являются наиболее перспективным каналом получения информации о механизме разрушения горных пород. Это объясняется органической связью акустических колебаний с забойными процессами.

Акустико-спектральная диагностика забойных процессов алмазного бурения является самостоятельным направлением в области техники и технологии бурения скважин, которое базируется на использовании параметров акустических спектров, регистрируемых в призабойной зоне буримой скважины [4].

В качестве необходимых информативных (диагностических) параметров используется акустический спектр в диапазоне 7–20 кГц, характеризующий “акустический шум разрушения” горной породы и коэффициент распределения энергии при разрушении, представляющий отношение акустической мощности в этом диапазоне к реализуемой мощности.

Соотношение динамических и тепловых нагрузок, воспринимаемых матричной композицией, определяются интенсивностью износа алмазного инструмента при бурении и могут прогнозироваться по параметрам акустического спектра и коэффициенту распределения энергии при разрушении. Акустический спектр и коэффициент распределе-

ния энергии при разрушении определяются типом породоразрушающего инструмента, свойствами горных пород и режимом бурения и могут использоваться для диагностики вида движения коронки, дифференциации геологического разреза и контроля качества изготовления алмазной коронки.

Удельная акустическая энергия, выделившаяся в диапазоне частот 7–20 кГц при разрушении единицы объема горной породы вращающимся алмазным инструментом, представляет качественно новое свойство горной породы – “прочность на воздействие вращающимся инструментом” и может использоваться для определения категорий буримости горной породы.

Акустико-спектральная диагностика – это возможность проанализировать по новому физике процессов, протекающих в забое при алмазном бурении, используя нетрадиционный информационный канал – акустические спектры, регистрируемые в призабойной зоне буримой скважины.

Метод открывает новые возможности для понимания и управления физической сущности феномена разрушения, и позволяет выделить в акустическом спектре в диапазоне частот 7–20 кГц “акустический шум разрушения” горной породы, параметры которого связаны с циклическим характером взаимодействия алмазов с забоем.

Акустико-спектральная диагностика забойных процессов – это самостоятельное научно-прикладное направление в области техники и технологии бурения скважин, предназначенное для получения объективных данных о механизме бурения для решения практических задач бурения.

В качестве необходимых информативных параметров механизма бурения должны использоваться акустический спектр и коэффициент распределения энергии при разрушении, представляющий отношение мощности акустического шума разрушения к реализуемой мощности.

Экспериментально доказана связь информативных параметров с конструктивными параметрами, прочностными свойствами горных пород, состоянием и интенсивностью износа алмазного инструмента, режимом и техническими показателями бурения. На основе акустико-спектральных измерений в призабойной зоне разработаны принципиально новые технические средства и технологии ускоренных стендовых испытаний, а также методы оценки качества алмазного инструмента, дифференциации геологического разреза в процессе бурения, определения прочности и буримости горных пород [3].

Разработанный метод испытаний горных пород, включающий воздействие на образец горной породы вращающимся алмазным инструментом,

и измерение при разрушении в призабойной зоне акустического спектра в диапазоне частот 7–20 кГц и коэффициента распределения энергии, открывает новые возможности в области классификации горных пород по сопротивляемости механическому разрушению.

Удельная акустическая энергия, выделившаяся в диапазоне частот 7–20 кГц при разрушении единицы объема горной породы представляет качественно новое свойство горной породы – “прочность на воздействие вращающимся инструментом” и может использоваться в качестве показателя буримости горных пород.

В дальнейшем предполагается более глубокое изучение феномена разрушения горных пород алмазным бурением за счет внедрения информационных технологий на базе мощных компьютеров; компьютерное моделирование механизма разру-

шения и процесса испытаний породоразрушающего инструмента.

Литература

1. *Медведев И.Ф.* Режимы бурения и выбор буровых машин / И.Ф. Медведев. М.: Недра, 1975. 224 с.
2. Регулирование и управление режимами бурения взрывных скважин / Н.И. Терехов, И.С. Аврамов и др. Л.: Недра, 1980. 223 с.
3. Принципы регулирования и управления режимами бурения / А.В. Анохин, Т.Ю. Каплина, В.Б. Васильев // *Машиноведение: научно-техн. журн.* Бишкек, 2015. № 2. 97 с.
4. *Архипов А.Г.* Акустико-спектральная диагностика забойных процессов алмазного бурения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А.Г. Архипов. СПб., 2001.