

В.С.Хилов, канд. техн. наук

(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет Украины)

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ ВРАЩЕНИЯ СТАНКА ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ

Введение. Буровой станок относится к числу горных машин для открытых работ, рабочий орган которого совершает не только поступательное перемещение, но и вращательное движение. Такое сложное движение става обеспечивает приложение момента разрушения вооружения шарошечного долота к поверхности забоя.

На Ново-Краматорском машиностроительном заводе реализуется программа поэтапного освоения буровых станков нового поколения, в которых применен регулируемый привод для вращения става [1]. Это позволяет значительно увеличить проходку на одно долото путем применения улучшенного способа управления приводом вращения долота.

Цель работы. Весьма существенным вопросом при разработке привода вращателя является выбор его способа управления. Известны способы управления, где поддерживается на постоянном уровне один из параметров: частота вращения става, момент сопротивления на долоте, линейная скорость перемещения става; осевое давление на став; мощность, потребляемая приводом вращателя. Исходя из энергетического критерия стойкости долота выберем наиболее рациональный способ управления приводом вращения става станка шарошечного бурения.

Материалы и результаты исследования. Работа бурового станка характеризуется преобразованием электромагнитной энергии, поступающей от системы электроснабжения, в механическую, которая выделяется в виде непроизводительных потерь и полезной работы, идущей на разрушение горной породы и транспортировку буровой мелочи к горловине скважины. Потoki энергии формируются и направляются по каналам: осевое усилие – мощность линейного перемещения става; частота вращения – мощность разрушения породы; давление и расход сжатого воздуха – мощность эвакуации буровой мелочи (шлама). В каждом канале имеется индивидуальный преобразователь вида энергии. Это регулируемый электрогидромеханический привод подачи бурового снаряда, регулируемый электромеханический привод вращения шарошечного долота, нерегулируемый электромеханический привод компрессора для удаления буровой мелочи с поверхности забоя скважины.

Энергетические потоки направлены на поверхность забоя, причем осевое усилие стремится смять поверхность, создавая напряженное состояние в горном массиве, энергия вращения затрачивается на внедрение штырей в поверхностный слой, разрушение породы и ее дробление, которая потоком воздуха выносится к горловине скважины.

Процесс бурения осуществляется по двум взаимоисключающим функциям цели:

- наибольшее количество пробуренных скважин за наименьшее время работы;
- наименьший расход бурового инструмента (штанг и долот) в процессе работы.

Больше всего изнашивается шарошечное долото: его вооружение и опоры. При работе долото воспринимает большие статические и динамические нагрузки, а также подвергается интенсивному усталостному разрушению и абразивному износу. Поток энергии вращения поступает не только на разрушение породы, но и на разрушение самого долота.

Штыри шарошки испытывают ударную циклическую нагрузку, что приводит к накоплению усталостных разрушений вооружения и опор долота. Внедрение штыря в горную массу происходит ударно, при этом запасенная кинетическая энергия вращения става переходит в потенциальную энергию разрушения породы. Совершается работа по созданию напряженного состояния с последующим разрушением поверхностного слоя забоя. С увеличением крепости породы возрастает потенциальная энергия разрушения породы при поддержании на постоянном уровне интенсивности процесса разрушения. Одновременно резко возрастает износ долота, т. к. значительно увеличиваются усталостные разрушения шарошки.

Усталостный износ долота зависит от преодолеваемого момента сопротивления, текущей частоты вращения става и, следовательно, мощности, выделяемой в зоне контакта шарошки с забоем в чередующихся по крепости горных породах. От неравномерного выделения мощности возникает неравномерное распределение нагрузки по поверхности шарошки, что является причиной появления зон с различной напряженностью. Следствие этого – неравномерность износа вооружения и опор долота за период его эксплуатации, что отрицательно сказывается на стойкости долота в целом.

Предложены критерии определения стойкости долота: проходка на долото, моторесурс долота, условный износ долота [2].

Как видится, что критерий стойкости шарошечного долота, объективно контролирующей текущий режим работы (износа), должен учитывать крепость разбуриваемой породы, длительность нахождения долота в контакте с массивом, обладающим изменяющейся крепостью и абразивностью. Крепость и абразивность породы можно объективно оценить по значению момента сопротивления на шарошке (с увеличением крепости и абразивности породы момент сопротивления возрастает, увеличивается одновременно износ вооружения и опор долота). Величину износа долота можно оценить по углу поворота при текущем моменте сопротивления, т.е.

$$dW = M_c(\alpha)d\alpha,$$

где dW – дифференциал износа долота; $M_c(\alpha)$ – текущий момент сопротивления на шарошке; $d\alpha$ – дифференциал угла поворота.

Полный износ вооружения и опор долота, при предлагаемом критерии стойкости долота, определится как

$$W = \int_0^{\alpha_K} M_c(\alpha) d\alpha,$$

где α_K – угол поворота долота, определяемый полным (допустимым) износом вооружения и опор.

Причем с увеличением крепости породы (момента сопротивления) допустимый угол поворота уменьшается, и на оборот, работа шарошки в менее крепких породах приведет к увеличению допустимого угла поворота. Зависимость допустимого угла поворота от момента сопротивления, при ограниченном ресурсе работоспособности долота, носит гиперболический характер.

Переходим от допустимого угла поворота ко времени работоспособности долота:

$$W = \int_0^{\alpha_K} M_c(\alpha) \frac{d\alpha}{dt} \cdot dt = \int_0^{T_K} M_c(t) \omega dt,$$

где t, dt – текущее время и его дифференциал; ω – частота вращения долота; T_K – время, соответствующее предельному износу долота.

Учитывается, что произведение момента сопротивления на частоту вращения есть мощность разрушения породы долотом $P(t)$, а интеграл от текущей мощности по времени это энергия E , получим

$$W = \int_0^{T_K} M_c(t) \omega dt = \int_0^{T_K} P(t) dt = E,$$

т. е. допустимый износ долота однозначно определяется значением энергии, которую преобразует шарошка в процессе бурения. Чем больше энергии расходуется на бурение, тем больше износ долота.

Отсюда следует, что для равномерного износа долота во времени необходимо, чтобы поток энергии, генерируемый по каналу частота вращения става – мощность разрушения породы, линейно возрастал в функции времени, т. е. скорость расхода энергии по этому каналу должна быть постоянной величиной. Поэтому для поддержания скорости накопления усталостных разрушений на постоянном уровне следует регулировать скорость введения энергии в зону забоя, а также изменять частоту вращения става обратно пропорционально моменту сопротивления на долоте. Это возможно осуществить путем поддержания на постоянном уровне мощности, поступающей по каналу частота вращения – мощность разрушения породы.

Выводы. Таким образом, исходя из энергетического критерия стойкости долота можно отметить, что наибольшей стойкостью долото будет обладать при равномерном его энергетическом нагружении, т. е. при поддержании линейного возрастания энергии разрушения породы или при поддержании на постоянном уровне мощности, выделяемой в зоне контакта долото–забой. Пред-

ложенный критерий работоспособности долота обобщает ранее предложенные критерии (проходка на долото, моторесурс долота, условный износ долота), т. к. автоматически учитывает крепость и абразивность разбуриваемой породы.

Список литературы

1. Кихтенко В.Д., Мучнистый Ю.А. Буровые станки среднего типа.// Сб. тез. и докл. междунар. научн.-техн. конф. «Перспективы развития горнорудной, угледобывающей и обогатительной отраслей промышленности». – Краматорськ, 2001. – С.35.
2. Регулирование и управление режимами бурения взрывных скважин/Н.И.Терехов, И.С.Авраамов, П.Д.Гаврилов, П.Н.Кунин.-Л.: Недра, 1980.-223 с.