

МОНИТОРИНГ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНОГО МАССИВА СРЕДСТВАМИ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ БУРОВЫХ СТАНКОВ

Шигина А.А.¹, Шигин А.О.¹

¹ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660025, Красноярск, пер. Вузовский, 3), e-mail: shigina_a@mail.ru

Установлены основные задачи концепции проблемы управления бурением сложноструктурных горных массивов. Определены факторы, влияющие на изменение физико-механических характеристик горного массива. Показана необходимость применения адаптивных вращательно-подающих механизмов при построении принципиальных схем буровых станков, осуществляющих бурение сложноструктурных горных массивов. Обоснована необходимость использования в буровых станках автоматизированной интеллектуальной системы с адаптивным элементом, обеспечивающей быстрое своевременное реагирование системы на изменение свойств объекта воздействия и поддержание скорректированных параметров функционирования технической системы «Буровой станок – шарошечное долото – горная порода» в оптимальном соотношении. Выполнение интеллектуальной системой указанных задач позволит снизить затраты на бурение и повысить эффективность функционирования данной технической системы. Выявлены преимущества предлагаемой системы перед известными автоматизированными системами управления бурением.

Ключевые слова: адаптивный, бурение, сложноструктурный, горный массив, интеллектуальная система, автоматизированный станок, система мониторинга и управления.

MONITORING OF ROCK MECHANICS BY MEANS OF THE AUTOMATED DRILLING RIGS

Shigina A.A.¹, Shigin A.O.¹

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660025, Krasnoyarsk, Vuzovsky Lane, 3), e-mail: shigina_a@mail.ru

The basic problem of the concept of management problems drilling mountain ranges, which have a complex structure. There are factors affecting the change of physico-mechanical characteristics of the rocks. The necessity of the use of adaptive rotational-feeders in the construction of concepts of drilling rigs engaged in drilling mountain ranges, which have a complex structure. The necessity of using a drilling machine automated intelligent system with an adaptive element providing quick timely response of the system to change the properties of an object and the impact of maintaining the adjusted operating parameters of the technical system "Drilling machine - roller bit - rock" in the optimal ratio. Implementation of an intelligent system of these problems will reduce drilling costs and increase the efficiency of this technical system. The advantages of the proposed system over the prior art automated control systems by drilling.

Keywords: adaptive, drilling, rock complex structure, intelligent system, automated machine monitoring and control system.

В настоящее время более 90 % скважин при добыче полезных ископаемых бурятся с помощью шарошечных долот. В структуре затрат процесса бурения 60% приходится на буровой инструмент [2]. При бурении сложноструктурных горных массивов он встречает на своем пути трещины, разнородные включения [1]. Существующие буровые машины не позволяют быстро и своевременно реагировать на изменение свойств породы, подстраивать режим бурения и компенсировать удары и вибрацию [8]. Это приводит к возникновению критических нагрузок [6], снижению ресурса [7] и отказу бурового инструмента.

Оценка физико-механических характеристик массива горных пород, расположения рудного тела в настоящее время осуществляется с помощью комплекса мероприятий, включающих пробное бурение скважин, исследование породы в каждой скважине, составление карт [3]. Данные мероприятия являются трудоемкими и раскрывают только общую информацию о расположении блоков горной породы, средней крепости в слоях, средней трещиноватости блока. Эта информация не дает возможности задавать оптимальные режимные параметры и своевременно корректировать их в процессе бурения.

Указанная проблема может быть решена применением системы бурового станка, отслеживающей изменение физико-механических характеристик горной породы в процессе бурения скважин, определяющей прогнозируемый ресурс бурового инструмента и осуществляющей корректировки режимных параметров силовых агрегатов в постоянном режиме. Изменение физико-механических характеристик горного массива в процессе бурения скважины происходит в зависимости от множества факторов, меняющихся неопределенным образом. Такими факторами являются значения крепости горной породы, трещиноватости, слоистости горного массива, наличие несплошностей или включений другой породы в конкретной точке массива. Интеллектуальная система мониторинга [9], оснащенная адаптивным ВПМ [5], позволяет получить исчерпывающую информацию об указанных факторах в конкретные промежутки времени

Адаптивный ВПМ сглаживает непрогнозируемые ударные нагрузки и вибрацию [4]. Для анализа информации об изменении физико-механических характеристик горной породы датчики и контроллеры посылают в компьютер информационные сигналы об изменениях скорости бурения и тока в статоре адаптивного ВПМ. В компьютере эти сигналы преобразуются в информацию о действительных физико-механических характеристиках горной породы и режимных параметрах.

Кроме того, с помощью расчетных методик определяется прогнозируемый ресурс бурового инструмента и удельные затраты на бурение [10], соответствующие действительным значениям режимных параметров и свойств породы. Из этой же информации определяются оптимальная скорость бурения и режимные параметры. Действительные значения сравниваются с оптимальными и автоматически корректируются с помощью управляющих сигналов.

После корректирующих воздействий адаптивный ВПМ работает во вновь заданных режимах и осуществляет подачу и вращение бурового инструмента с необходимым усилием и скоростью. Буровой инструмент проходит сквозь массив горной породы с заданной скоростью

до очередного изменения физико-механических характеристик горной породы. Расчетные значения выводятся на приборную панель для контроля оператора. В системе возможно ручное или полуавтоматическое управление.

В настоящее время известно применение спутникового (GPS/ГЛОНАСС) позиционирования буровых станков в карьере для повышения точности расположения взрывных скважин и более эффективного использования взрывчатых веществ. Системы спутникового позиционирования с использованием информации о текущей глубине бурения, скорости бурения, давлении в гидросистеме осевого давления, давлении в гидросистеме вращателя позволяют получать информацию о трудности бурения горного массива в различных точках скважин. Информация о трудности бурения с отдельных скважин через систему спутникового позиционирования обрабатывается и суммируется в общую трехмерную карту трудности бурения. Трудность бурения на этой карте отображается разными цветами, не измеряется в конкретных единицах, а отражает относительный энергетический показатель. Такие карты позволяют в некоторой степени облегчить работу при расчете и закладке взрывчатых веществ в скважины. Информация о текущей глубине бурения, скорости бурения, давлении в гидросистеме осевого давления, давлении в гидросистеме вращателя может быть получена с помощью известных систем управления (таблица).

При этом Интеллектуальная система управления (ИСМУРП), основанная на применении адаптивного вращательно-подающего механизма бурового станка, по нескольким показателям существенно превосходит аналоги.

Сравнение систем управления бурением

Технико-экономические показатели (наименование и единицы измерения)	Системы управления бурением			
	Федеральный уровень: «Бортовая система контроля буровых станков (БСКБ)» ООО «ВИСТ Групп»	Мировой уровень: «Интеллектуальная система контроля бурения Smart Drill Monitor» станка MD5150 компании Caterpillar	Мировой уровень: «Автоматизированная система управления буровых установок» НТЦ ООО «Приводная техника»	ИСМУРП буровых машин
Уровень автоматизации	Ручное управление	Автоматизированное управление	Автоматизированное управление	
Получение информации о режимных	Давление в гидросистеме, ток	Давление в гидросистеме, ток	Давление в гидросистеме, ток вращателя,	Ток от линейного привода подачи рабочего органа

параметрах буровой машины	вращателя, частота вращения	вращателя	скорость бурения, частота вращения	(электромагнитный элемент-датчик), ток вращателя, скорость бурения, частота вращения
Получение информации о свойствах и структуре горной породы в массиве в процессе бурения	Усредненная информация о крепости породы	Нет информации в явном виде	Усредненная информация о крепости породы	Визуальное отображение на приборной панели: показатель буримости, толщина трещин на погонный метр, слоев и разница в показателях буримости слоев
Управление ресурсом элементов рабочего органа буровой машины	Нет, возможно при внедрении ИСМУРП	Нет	Нет, возможно при внедрении ИСМУРП	Автоматическое поддержание режимных параметров в области оптимального сочетания ресурса и производительности
Возможность реагирования системы на кратковременное изменение физико-механических характеристик горной породы	Нет реагирования	Нет реагирования	Нет реагирования	Адаптивное реагирование системы без участия человека
Время реагирования системы на установившееся (систематическое) изменение физико-механических характеристик горной породы	Более 20 с. (время реагирования машиниста на существенные и длительные изменения)	Время срабатывания автоматической системы (~ 0,1 с.) и время переходных процессов исполнительных устройств (более 0,1 с.)	Время срабатывания автоматической системы (~ 0,1 с.) и время переходных процессов исполнительных устройств (более 0,1 с.)	Время адаптивного реагирования системы без участия человека – 0,01 с.
Уровень требований к навыкам пользователя	Высокие профессиональные навыки и стаж работы	Высокие профессиональные навыки при неустановившихся режимах бурения и	Высокие профессиональные навыки	Требуются общие навыки машиниста буровой машины

Все указанные в таблице системы, кроме ИСМУРП, предназначены исключительно для оптимизации работы машиниста, расчета и закладки взрывчатых веществ. Интеллектуальная система на основе адаптивного вращательно-подающего механизма ВПМ также решает вопросы быстрого износа шарошечных долот при бурении сложноструктурных горных массивов, а также создает предпосылки для создания автономно функционирующего комплекса буровых станков, управляемых с общего диспетчерского пульта. Автономные буровые станки необходимы при бурении скважин в сложных климатических условиях, наличии опасности для жизни и здоровья людей в рабочей зоне и др. В частности, автономные или радиоуправляемые станки требуются для работы в кимберлитовых карьерах АК «АЛРОСА».

Информация, полученная от ИСМУРП, оснащенной адаптивным ВПМ, анализируется, суммируется при помощи спутниковой навигации. В результате получается объемная модель горного массива с конкретным значением крепости горной породы, расположением трещин и несплошностей, слоев и включений горного массива с отличающимися крепостями.

Заключение

Подводя итог, можно отметить необходимость применения буровых станков с адаптивным вращательно-подающим механизмом для быстрого своевременного реагирования системы на изменение свойств объекта воздействия и последующей корректировки и поддержания параметров функционирования объекта управления в оптимальном соотношении. Бурение сложноструктурных горных массивов требует постоянной корректировки режимных параметров. Для эффективного и своевременного поддержания оптимального режима бурения целесообразно оснащать буровые станки интеллектуальной системой управления. Для оптимизации буровзрывных работ на карьере в целом необходимо использовать автоматизированный комплекс интеллектуальных систем буровых станков, работающих согласованно через спутниковую систему слежения, с объединением получаемой информации и отображении ее в графическом виде и в качестве оптимизирующих указаний. Применение такой системы позволит снизить эксплуатационные затраты на процесс бурения в условиях неопределенности и, как следствие, повысить эффективность функционирования парка оборудования карьера.

НИР выполнена в рамках реализации Гранта Президента МК-2531.2014.8

Список литературы

1. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1980. – 360 с.
2. Буткин В.Д., Нехорошев Д.Б. Выбор типомodelей и рациональная эксплуатация шарошечных долот на карьерах: учеб. пособие. – ГОУ ВПО «Гос. ун-т цвет. металлов и золота». – Красноярск, 2006. – 84 с.
3. Гальперин А.М., Зайцев В.С. Геология: Часть IV. Инженерная геология: Учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2009. – 559 с.
4. Гилев А.В., Шигин А.О. Теория рабочего процесса электромагнитного привода вращательно-подающего механизма бурового станка при бурении сложноструктурных горных массивов // Фундаментальные исследования.– 2012. - № 9-2. – С. 375-380.
5. Шигин А.О. Адаптивный вращательно-подающий механизм бурового станка для снижения непрогнозируемых нагрузок при бурении сложноструктурных пород // Горный журнал. – 2013. - № 7. – С. 84-89.
6. Шигин А.О., Гилев А. В. К вопросу о нагрузках на породоразрушающий инструмент при бурении сложноструктурных горных пород // Горное оборудование и электромеханика.– 2012. - № 6. – С. 16-20.
7. Шигин А.О., Гилев А.В. Методика расчета усталостной прочности как основного фактора стойкости шарошечных долот Вестн. Иркутск. гос. техн. ун-та. . – 2012. - № 3– С. 22-27.
8. Шигин А.О., Гилев А.В. Разработка идеализированной модели бурения горных пород с различными физико-механическими свойствами // Фундаментальные исследования. – 2012. - № 3-3.– С. 665-667.
9. Шигина А.А., Шигин А.О., Ступина А.А. Сравнительная оценка методов анализа эффективности функционирования буровых станков // Современные проблемы науки и образования. – 2012. - № 6. – С. 117.
10. Шигин А.О., Гилев А.В., Шигина А.А. Напряжения и стойкость шарошечных долот при бурении сложноструктурных массивов горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. - № 4. – С. 325-333.

Рецензенты:

Ступина А.А., д.т.н., профессор кафедры системного анализа и исследования операций

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск;

Гилев А.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Горные машины и комплексы» ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.