

Г.С. Федотов, К.С. Пикель, Е.И. Журавлев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТНЫХ РАБОТ С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Описан способ автоматизации технологического процесса очистных работ с учетом состояния массива горных пород. Даны оценка и прогноз состояния массива производится с помощью нейронной сети.

Ключевые слова: очистные работы, автоматизация, мониторинг, состояние массива горных пород, прогнозирование, безопасность, сменное задание.

Добыча твердых полезных ископаемых является опасным видом производственной деятельности человека. Наблюдается устойчивая тенденция перехода горных работ на большие глубины, что увеличивает риски динамических проявлений в виде горных ударов, выбросов угля и газа. В связи с недостаточной автоматизацией технологических процессов очистных работ и устаревшими методами контроля за состоянием массива горных пород происходит снижение темпов добычи твердых полезных ископаемых (большой объем ручных операций по контролю за состоянием массива горных пород; ликвидация последствий гео-, газодинамических явлений, которые не удалось предотвратить; отсутствие системного подхода при составлении сменного задания и др.). В современных условиях необходимо применять современные технологии ведения горных работ на угольных пластах, опасных по горным ударам и внезапным выбросам угля и газа.

СА и ЭУОК – это система автоматизированного и энергоэффективного управления очистным комплексом, обеспечивающая снижение рисков и предотвращение опасных природных и техногенных явлений при комплексном освоении недр месторождений

твердых полезных ископаемых. Она включает в себя инновационные технологии, исследование и разработки по которым осуществлялись в соответствии с направлениями технологического развития, поддерживаемыми в рамках технологической платформы «Твердые полезные ископаемые». Система производит мониторинг работы очистного комплекса, состояния массива горных пород, в результате анализа данных прогнозируется индекс готовности очистного комплекса и состояние массива горных пород. На основе прогнозов определяется оценка рисков опасных природных и техногенных явлений, а также рисков отказа оборудования очистного комплекса. Далее, осуществляется энергоэффективное планирование и управление режимами работы очистного комплекса с учетом спрогнозированных состояний массива горных пород и индекса готовности очистного комплекса.

Благодаря автоматизированной оценке и прогнозу выбросоопасности на основе мониторинга сейсмо- и сейсмоакустической эмиссии массива горных пород работы ведутся без остановки, а также исключаются работы по опережающему бурению шпуров по фронту забоя лавы для контроля за выбросом газа.

Прогноз состояния массива горных пород осуществляется с помощью автоматизированной системы поддержки принятия технологических решений и комплексного синтезирующего мониторинга или многофункциональной системой контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород разработанных ИП-КОН РАН [2–8]. Прогнозирование параметров рудничной атмосферы можно производить с помощью нейронной сети, предсказывающей будущие реакции системы по ее предшествующему поведению. Обладая информацией о значениях концентрации метана в моменты, предшествующие прогнозированию $x(k-1), x(k-2), \dots, x(k-N)$, сеть вырабатывает решение, каким будет наиболее вероятное значение последовательности $\bar{x}(k)$ в текущий момент k . Часто используют методы экстраполяции, интерпретации и временные ряды.

Оценку качества прогноза, а также правильность выбора архитектуры и функции активации и алгоритмов обучения нейронной сети можно оце-

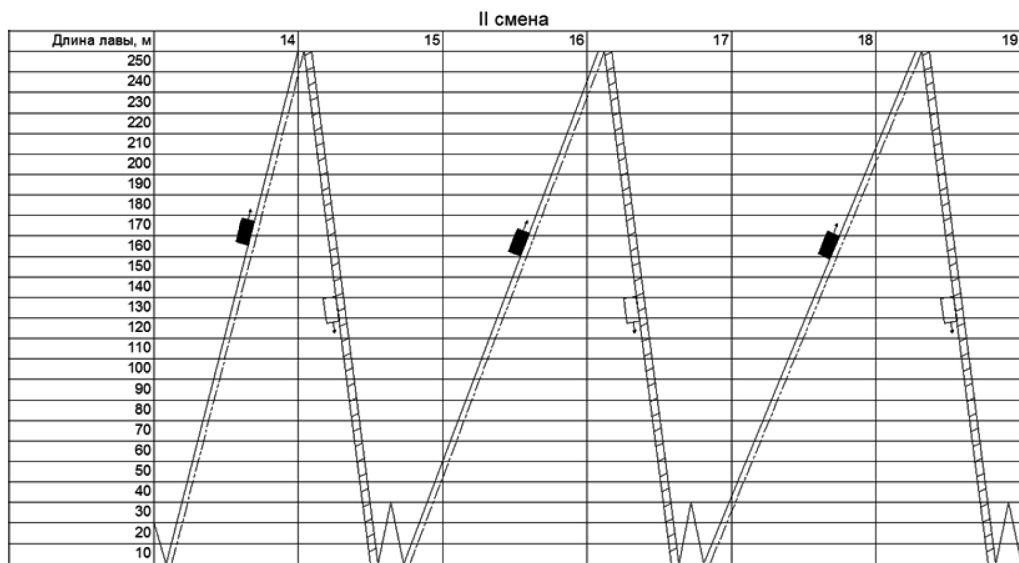
нить по следующим характеризующим функции ошибок значениям: математическое ожидание ошибки (1), дисперсия ошибки (2) и среднее квадратичное отклонение ошибки (3).

$$M[X] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{\phi_i} - X_{P_i} \quad (1)$$

$$D = \sum_{i=1}^n \left((X_{\phi_i} - X_{P_i})^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{\phi_i} - X_{P_i} \right)^2 \right) \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{\phi_i} - X_{P_i})^2}{n}} \quad (3)$$

Подсистемы планирования режимов работы очистного комплекса составляет сменное задание (см. рисунок) с учетом состояния массива горных пород. В первом столбце указана длина лавы очистного забоя в метрах. Работа второй смены начинается в 14:00. Так как первая смена включает ремонтно-обслуживающие работы, первая заходка (стружка) идет на боль-



Планограмма работ на смену

шой скорости (час на всю длину забоя). Далее, уже во второй смене происходит перемещение комбайна на начало лавы и подвижка секций крепи. Две последующие стружки (во второй смене) идут с меньшими скоростями (1:20 и 1:30 на длину забоя соответственно) для того чтобы обеспечить плавную разгрузку массива горных пород. Разгрузка в свою очередь позволяет избежать вывалов породы и других нежелательных воздействий, что позволяет сократить затраты времени на ликвидацию последствий аварии.

Система направлена на повышение безопасности и максимальную автоматизацию ведения горных работ, и заблаговременное выявление, в автоматизированном режиме, опасности возникновения гео-, газодинамических явлений, что позволяет проводить превентивные мероприятия по нейт-

рализации или снижению их проявлений путем выработки оптимальных энергоэффективных режимов работы очистного комплекса на смену (сменное задание), для прогнозируемого состояния массива горных пород. Энергоэффективность достигается за счет автоматизации проведения оценки и прогноза выбросоопасности, исключения простоя очистного комплекса и исключения технологических операций опережающего бурения. Происходит снижение потерь полезного ископаемого в недрах и сопутствующего этому повышению производительности добычи. Реализация проекта позволяет достичь значимого социального эффекта, связанного с ожидаемым снижением травматизма, так как гео-, газодинамические явления либо будут предотвращены, либо будет исключен фактор неожиданности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремин Д.М., Гарцев И.Б. Искусственные нейронные сети в интеллектуальных системах управления. – М.: МИРЭА, 2004. – 75 с.

2. Кубрин С.С. Комплексный синтезирующий геофизический мониторинг горного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 5. – С. 85–92.

3. Захаров В.Н., Кубрин С.С., Фейт Г.Н. Мониторинг напряженного состояния горного массива и геодинамических процессов в нем при разработке угольных пластов опасных по гео- и газодинамическим явлениям // Маркшейдерский вестник. – 2012. – № 4. – С. 53–56.

4. Кубрин С.С. Определение базового программного обеспечения комплексного мониторинга горного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 11. – С. 213–214.

5. Захаров В.Н., Кубрин С.С., Фейт Г.Н., Блохин Д.И. Тензометрический мониторинг напряженного состояния горного массива

при разработке угольных пластов опасных по гео- и газодинамическим явлениям // Маркшейдерский вестник. – 2012. – № 5. – С. 43–44.

6. Захаров В.Н., Кубрин С.С., Фейт Г.Н., Блохин Д.И. Определение напряженно-деформированного состояния горных пород при разработке угольных пластов опасных по гео- и газодинамическим явлениям // Уголь. – 2012. – № 10. – С. 34–36.

7. Кубрин С.С., Шек В.Н. Геоинформационные системы для исследования опасных геодинамических явлений // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ 5. Информатизация и управление. – 2013. – С. 103–112.

8. Кубрин С.С., Мазаник Е.В., Кигалов Н.Н. Автоматизированная система поддержки принятия технологических решений и комплексного синтезирующего мониторинга // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ 1. Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка-2014». – 2014. – С. 267–278. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Федотов Григорий Сергеевич – студент, НИТУ «МИСиС», e-mail: Grishata1@mail.ru,
Пикель Кристина Сергеевна – студент, НИТУ «МИСиС», e-mail: kristina.pikel@mail.ru,
Журавлев Евгений Игоревич – аспирант, ИПКОН РАН, e-mail: engene@mail.ru.

AUTOMATION OF THE PROCESS OF COAL FACE OPERATIONS, GIVEN THE STATE OF THE ROCK MASS

Fedotov G.S.¹, Student, e-mail: Grishata1@mail.ru,
Pikel K.S.¹, Student, e-mail: kristina.pikel@mail.ru,
Zhuravlev E.I., Graduate Student, e-mail: engene@mail.ru,
Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
¹ National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.

The article describes a method for automation of the process of coal face operations with the state of the rock mass. Assessment and forecast the state of the rock mass is performed by using a neural network.

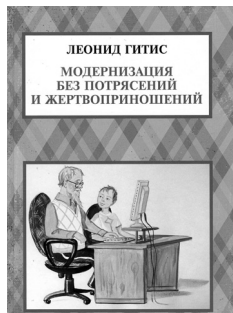
Key words: coal face operations, automation, monitoring, state of the rock mass, prediction, safety, task to shift.

REFERENCES

1. Eremin D.M., Gartsev I.B. *Iskusstvennye neyronnye seti v intellektual'nykh sistemakh upravleniya* (Artificial neural nets in intelligent control systems), Moscow, MIREA, 2004, 75 p.
2. Kubrin S.S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2012, no 5, pp. 85–92.
3. Zakharov V.N., Kubrin S.S., Feyt G.N. *Marksheyderskiy vestnik*. 2012, no 4, pp. 53–56.
4. Kubrin S.S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2012, no 11, pp. 213–214.
5. Zakharov V.N., Kubrin S.S., Feyt G.N., Blokhin D.I. *Marksheyderskiy vestnik*. 2012, no 5, pp. 43–44.
6. Zakharov V.N., Kubrin S.S., Feyt G.N., Blokhin D.I. *Ugol'*. 2012, no 10, pp. 34–36.
7. Kubrin S.S., Shek V.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 5. *Informatizatsiya i upravlenie*. 2013, pp. 103–112.
8. Kubrin S.S., Mazanik E.V., Kigalov N.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 1. *Trudy mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma «Nedelya gornyaka-2014»*. 2014, pp. 267–278.



НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»



Модернизация без потрясений и жертвоприношений

Автор: Гитис Л.Х.

Год: 2015

Страниц: 552 ил

ISBN: 978-5-98672-408-9 (в пер.)

Книга посвящена проблемам реформирования российского общества ненасильственными методами, без скачков, с использованием аналитических моделей. Особое внимание уделено образованию, науке, гуманитарной культуре. Рассмотрены задачи удлинения жизни, создания благоприятных условий труда и семейного благополучия. Тексты изложены в публицистической форме.

Для широкого круга читателей.