

Г.С. Федотов, Е.И. Журавлев

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ОЧИСТНОГО КОМПЛЕКСА В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

Рассмотрено применение имитационного моделирования для минимизации аварийности при ведении горных работ на предприятиях угольной промышленности. Применение инструментов агентного моделирования позволило создать модель работы очистного забоя при динамически изменяющихся горно-геологических условиях. Агентное моделирование выполнялось на основе программного обеспечения Anylogic с помощью графического интерфейса и использования языка моделирования Java для разработки моделей работы технических комплексов.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, имитационное моделирование, программный инструментарий, агентное моделирование, механизированная крепь, добычной комбайн.

Условия ведения подземных горных работ на большинстве предприятий угольной промышленности РФ и стран СНГ, являющимися опасными производственными объектами, как правильно относят к сложным или очень сложным. Что обусловлено постоянным изменением окружающей среды и усложнением структуры наблюдения за процессами, связанными с работами по добычи полезных ископаемых. С увеличением глубины ведения горных работ возникают процессы неблагоприятного проявления динамических явлений. Подобные проявления оказывают значительное влияние на безопасность ведения горных работ. Для своевременной идентификации таких процессов, анализа их влияния и последующее прогнози-

рование необходимо осуществлять с использованием моделей, которые способны сочетать в себе все особенности происходящих процессов в массиве горных пород, при этом своевременно реагировать на изменение тех или иных условий ведения горных работ.

Применение имитационного моделирования позволяет построить модель работы очистного комплекса так, как процессы работы происходили бы в действительности. Рассматривая наборы последовательности действий при различных режимах работы очистного комплекса можно смоделировать возможные ситуации под которые подбираются энергоэффективные режимы работы комплекса. Результатом моделирования различных ситуаций должно быть формальное получение информации о системе массива горных пород и очистного комплекса и ее работе в проблемных ситуациях, с целью исключения сбоев в работе. Построение имитационной модели работы очистного комбайна в виде логико-математического описания различных режимов работы для последующего на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта.

Схематично модель расчета оптимальных энергетических параметров работы очистного комплекса в различных горно-геологических условиях на основе имитационной модели очистного комбайна представлена в таблице [1].

Составляющие имитационной модели

Объекты моделирования Агенты имитационной модели	Очистной комбайн	Лавный конвейер	Секция механизированной крепи
Активные объекты	EICKHOFF SL-500	PSZ-750	OSTROJ 07/16
Индивидуальные правила поведения	цикл заходки	работа очистного комплекса	правила перестановки крепи
Прямое и не прямое взаимодействие	прямое	прямое	прямое
Динамика среды	влияние рудничной атмосферы	—	влияние потенциальной энергии консоли кровли

Построение агентной модели [5] начинается с определения всех влияющих факторов на создаваемую модель процесса. Затем в модель добавляются динамически обрабатываемые правила поведения агентов моделирования, которые отличаются друг от друга степенью влияния на результат работы имитационной модели. От степени соответствия выбранного типа оборудования условиям его применения при отработке выемочного поля зависят безопасность и условия труда шахтеров, технико-экономические показатели работы очистного забоя, надежность и долговечность оборудования.

Внедрение имитационных моделей [4] для анализа комплексной механизации очистных работ в забое, осуществляемой механизированными очистными комплексами или агрегатами, позволяет достичь максимальной производительности очистных работ и минимизировать аварийные ситуации на производстве. В состав очистного механизированного комплекса входят [2]: выемочная машина – очистной комбайн или струг; доставочная машина – забойный скребковый конвейер; механизированная крепь, крепи сопряжения забоя с конвейерным и вентиляционным штреками; насосные станции; оросительная система; энергопоезд; кабелеукладчик; предохранительная лебедка, при работе комплекса на пластах с углами падения более 80 (при цепной системе подачи). При выборе средств механизации необходимо учитывать горно-геологические, горнотехнические и природные факторы.

Скорость подачи комбайна зависит от следующих факторов: мощность пласта, сопротивляемость угля резанию, ширина захвата, γ – объемный вес угля. Определяется скорость подачи комбайна по четырем ограничивающим факторам: мощности двигателя комбайна, вылету резца, газовому фактору, производительности забойного конвейера

Режим работы комплексно-механизированного очистного забоя [3] наглядно отражает зависимость производительности выемочной машины от скорости подачи и времени вспомогательных операций, несовместимых с работой комбайна по выемке угля, отнесенных к длине лавы. Производительность комплекса можно повышать двумя способами: увеличением скорости подачи комбайна и сокращением времени вспомогательных операций.

Схематично на причинно-следственной диаграмме влияние горно-геологических условий на выбор технологической схемы работы очистного комплекса приведено на рисунке. Чем



Диаграмма влияния состояния массива горных работ на выбор режима работы комбайна

больше количество влияющих факторов, тем больше количество сочетаний правил режимов работы комбайна, тем сложнее становится модель работы системы.

Входными данными для работы имитационной системы является набор параметров объектов, входящих в наблюдаемый объект очистного участка. К таким объектам относится механизированная крепь, схемы передвижений которой в зависимости от горно-геологических условий в данном регионе могут быть: фланговая схема, когда передвижка осуществляется поочередно вслед за подвиганием комбайна [7], фронтальная схема, когда передвижка осуществляется одновременно по всей длине забоя, групповая схема, передвижка секций в «шахматном» порядке, через одну. При этом механизированные крепи по кинематическим связям разделяют на комплектные и агрегатные. Комплектные крепи не имеют связей между комплектами и забойным конвейером [6]. Агрегатные крепи имеют силовые связи между собой и с забойным конвейером, что вносит зависимость в связи между объектами агентной модели выбора режимов работы очистного комплекса.

В зависимости от выбора режима перестановки крепи необходимо изменять различные основные элементы: поддерживающие, несущие, опорные, защитные, оградительные. Применение различных типов крепи обусловлено крутизной отрабатываемого угольного пласта: крутой, наклонный, горизонтальный. Все перечисленные объекты и их параметры создают множество ситуаций для моделирования имитационной системы очистного участка предприятия угольной промышленности.

Выводы

Внедрение агентных моделей позволяет, не вмешиваясь в непрерывные технологические процессы горного производства, произвести моделирование сложных технологических систем. Процесс имитационного моделирования систем подразделяется на этапы: формулирование модели реального очистного участка, последующая оптимизация модели и нахождение оптимальных решений, применение вычисленных решений к реальному объекту автоматизации. Применение автоматизированных имитационных систем позволяет с большой точностью предсказать реакцию объекта автоматизации на изменение влияющих факторов за счет моделирования характеристик всех объектов, входящих в очистной участок, а также учет взаимовлияния объектов друг на друга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ярембаш И. Ф., Мороз В. Д., Костюк И. С., Пилюгин В. И.* Производственные процессы в очистных забоях угольных шахт. Учебное пособие. – Донецк, 1999. – 185 с.
2. *Халивин С. Л., Шайдерова Е. И.* Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий. Учебное пособие в 2-х ч. – Норильск: Норильский индустр. ин-т, 2005.
3. *Клорикьян С. Х., Старичнев В. В., Сребный М. А. и др.* Машины и оборудование для шахт и рудников. Справочник. 6-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 471 с.
4. *Акопов А. С.* Имитационное моделирование: учебник и практикум для академического бакалавриата. – М.: Юрайт, 2014. – 389 с.
5. *Павловский Ю. Н., Белотелов Н. В., Бродский Ю. И.* Имитационное моделирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 236 с.
6. *Баклашов И. В., Картозия Б. А.* Механика подземных сооружений и конструкций крепей. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1984. – 415 с.
7. *Морозов В. И., Чуденков В. И., Сурина Н. В.* Очистные комбайны: Справочник / Под общ. ред. В.И. Морозова. – М.: Изд-во МГГУ, 2006. – 650 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Федотов Григорий Сергеевич – аспирант,
НИТУ «МИСиС»,

e-mail: Grishata1@mail.ru,

Журавлев Евгений Игоревич – аспирант,

Институт проблем комплексного освоения недр РАН,

e-mail: engene@mail.ru.

UDC

G.S. Fedotov, E.I. Zhuravlev

**DETERMINATION OF OPTIMAL
ENERGY PARAMETERS
OF WINNING ASSEMBLY
UNDER DIFFERENT GROUND CONDITIONS
BASED ON CUTTER–LOADER
SIMULATION MODEL**

This article discusses the use of simulation in order to minimize accidents at mining the coal industry. Application of agent-based modeling tools possible to create a model of the longwall during dynamically changing geological conditions. Agent based modeling is performed based on software Anylogic using the graphical interface and the use of modeling language Java for modeling work of the technical systems.

Key words: decision support, simulation, software tools, agent-based modeling, powered roof supports, mining combine.

AUTHORS

Fedotov G.S., Graduate Student, e-mail: Grishata1@mail.ru,
National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia,

Zhuravlev E.I., Graduate Student, e-mail: engene@mail.ru,
Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
of Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Yarembash I. F., Moroz V. D., Kostyuk I. S., Pilyugin V. I. *Proizvodstvennyye protsessy v ochistnykh zaboyakh ugol'nykh shakht*. Uchebnoe posobie (Production face processes in coal mines. Educational aid), Donetsk, 1999, 185 p.

2. Khalivin S. L., Shayderova E. I. *Elektrooborudovanie i elektrosnabzhenie gornykh predpriyatiy*. Uchebnoe posobie (Electric facilities and power supply in mines. Educational aid), Norilsk, NII, 2005.

3. Klorik'yan S. Kh., Starichnev V. V., Srebnyy M. A. *Mashiny i oborudovanie dlya shakht i rudnikov*. Spravochnik. 6-e izd. (Mining machines and equipment. Handbook, 6th edition), Moscow, Izd-vo MGGU, 2000, 471 p.

4. Akopov A. S. *Imitatsionnoe modelirovanie: uchebnik i praktikum dlya akademicheskogo bakalavriata* (Simulation modeling: Textbook and workshop for academic Bachelor's degree candidates), Moscow, Yurayt, 2014, 389 p.

5. Pavlovskiy Yu. N., Belotelov N. V., Brodskiy Yu. I. *Imitatsionnoe modelirovanie: ucheb. posobie dlya vuzov* (Simulation modeling: Higher educational aid), Moscow, Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2008, 236 p.

6. Baklashov I. V., Kartoziya B. A. *Mekhanika podzemnykh sooruzheniy i konstruktivnykh krepey*. Uchebnik dlya vuzov (Mechanics of underground structures and support. Textbook for high schools), Moscow, Nedra, 1984, 415 p.

7. Morozov V. I., Chudenko V. I., Surina N. V. *Ochistnye kombayny: Spravochnik*. Pod red. V. I. Morozova (Cutter-loaders: Handbook. Morozov V. I. (Ed.)), Moscow, Izd-vo MGGU, 2006, 650 p.