

УДК 622:519.72

Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Стадник

**КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ОТРАБОТКОЙ ЗАПАСОВ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ
НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Семинар № 13

Одним из направлений стратегии развития России до 2020 года является использование информационных и других новейших технологий во всех отраслях народного хозяйства [12].

В течение последних десятилетий в горнодобывающих отраслях успешно внедряются новые технологии практически в каждом направлении сферы их деятельности, начиная от разведки месторождений и заканчивая переработкой горной массы. Эти технологии позволяют специалистам получать большую отдачу от ускоряющегося технического прогресса. Но вместе с этим, требуемые темпы повышения эффективности производства, которые диктуются рынком и ростом производственных затрат, не компенсируются повышением энергооборуженности горного оборудования и другими техническими усовершенствованиями.

Во многом эффективность производства определяется способностью угольных компаний эффективно управлять производственными процессами в условиях постоянно изменяющейся ситуации и принимать рациональные производственные решения. Требования к уровню управления становятся все более жесткими в части большей оперативности, гибкости, обоснованности, необходимости прогнозирования хода производства,

повышения уровня знаний и использования опыта квалифицированного персонала.

Неэффективные решения принимаются не потому, что персонал недостаточно квалифицирован, но, главным образом, потому, что он не имеет необходимой информации для выработки этих решений, а также не использует опыт и знания, накопленные в процессе функционирования конкретного предприятия. Следует также учитывать, что информация о горных работах, которая используется при принятии решений, в большинстве своем носит нечеткий характер.

Эта проблема достаточно успешно решается средствами информационных технологий (ИТ), но, по сравнению с другими отраслями, в горной промышленности они пока еще слабо развиты и недостаточно инвестируются. Даже в США и Канаде только 1,1 % бюджета горных компаний идет на развитие ИТ. Основная часть инвестиций расходуется на покупку средств автоматизации отдельных производственных процессов либо на программные пакеты для конкретных подразделений предприятия [13]. В то же время, вопросы анализа накопленного опыта, знаний, механизма принятия решений в сложных производственных ситуациях для конкретного предприятия остаются «за кадром».

Другими словами, в угольной промышленности наблюдается значительный разрыв между ростом технического уровня производства и совершенствованием методов управления. Его наличие объясняется тем, что техника и технология ушли далеко вперед, а принципы планирования и управления горными работами остались практически без изменения. Между тем, в современных условиях «цена» ошибок от необоснованных и некачественных решений управленческого характера оборачивается гораздо большими потерями для производства, чем ранее, в связи с успешным внедрением в горнодобывающих отраслях современных дорогостоящих технологий практически в каждом направлении их деятельности.

В целях устранения подобного разрыва в середине 70-х годов был предложен комплексный метод управления очистными работами, регламентирующим документом которого явились технологические карты (картограммы). Они были направлены на геологическое, инженерное и организационное обеспечение высокопроизводительного и безопасного ведения очистных работ в пределах выемочного участка с учетом изменяющихся условий отработки его запасов и надежности функциональных элементов оборудования [1].

Однако вопрос составления технологических карт (картограмм) до настоящего времени остаётся пока недостаточно разработанным. Это происходит из-за того, что имеющиеся методические руководства и указания носят чисто директивный характер и не позволяют обеспечить принятие объективных управляющих решений по устранению или локализации негативных проявлений горно-геологических условий отработки запасов, а также воспроизводству ресурса обо-

рудования на стадии составления карт. Следовательно, разработка действенного методического обеспечения процессов принятия решений при выборе оптимального комплекса технологических и ремонтно-профилактических мероприятий в условиях высокопроизводительной отработки запасов выемочных участков является серьезной научной проблемой.

Можно выделить следующие векторы управления, присутствующие в технологической карте:

- обоснование вариантов структуры механизации очистных работ;
- управление режимами эксплуатации оборудования;
- оптимизация комплекса технологических и ремонтно-профилактических мероприятий;
- установление «плавающих» значений нагрузки на очистной забой в зависимости от условий отработки запасов выемочных участков.

Комплексная механизация и автоматизация процесса добычи угля на шахтах тесно связана с необходимостью обеспечения надежной работы очистного оборудования. В процессе эксплуатации оборудование изнашивается под воздействием различных постоянно и периодически действующих факторов, повреждаются отдельные узлы и детали. В результате этого снижаются ритмичность работы и производительность очистного забоя, качество выполняемых оборудованием функций, что приводит к необходимости восстановления работоспособности машин и механизмов в процессе отработки запасов путем замены исчерпавших ресурс наработки деталей и функциональных элементов.

В настоящее время на шахтах отрасли основными документами по планированию мероприятий по замене элементов оборудования являются графики планово-предупредительного

ремонта, охватывающие не только замену, но и техническое обслуживание и ремонт комплекса оборудования (графики ППР), технологические карты по безопасному техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования шахт, журналы нарядов.

Применяемым в отрасли регламентирующим документам по организации ремонтно-профилактических работ присущ общий недостаток - они не учитывают разнообразие и изменчивость горно-геологических условий, в которых происходит работа очистного оборудования. Составленные при пуске в эксплуатацию механизированных комплексов графики планово-предупредительных ремонтов не подлежат корректировке при появлении локальных зон геологических осложнений, в значительной степени влияющих на ресурс работоспособности функциональных элементов оборудования. Нормы плановых замен узлов и деталей оборудования устанавливаются с учётом только лишь статистических значений наработки до отказа или интуиции персонала.

Согласно методическому руководству [9] основные данные по ресурсам и срокам службы добычного оборудования принимаются на основании нормативов сроков службы элементов оборудования и норм расхода запасных частей, технологических карт по техническому обслуживанию и графиков ППР. Кроме того, данные могут быть получены по результатам эксплуатации оборудования в аналогичных горно-геологических условиях на основании информации, содержащейся в нарядах-рапортах и материалах наблюдений за работой комплексов оборудования. Такой подход к оценке ресурса работоспособности элементов оборудования и сроков их

службы для составления картограмм (карт) не позволяет объективно выявить необходимость и определить срок плановой замены функциональных элементов оборудования.

Отсутствие единого подхода к определению срока плановой замены элементов оборудования указывает на необходимость разработки методических принципов расчёта научно обоснованных регламентных работ по замене основных деталей и узлов очистного оборудования.

Очистной забой представляет собой сложную динамическую систему, условия функционирования очистных работ постоянно меняются. Забой лавы проходит участки геологических осложнений, и для обеспечения эффективной отработки запасов в этих ситуациях необходимо разрабатывать и осуществлять дополнительные мероприятия. Однако паспорта выемочных участков не могут дать исполнителям работ необходимую информацию для выработки и принятия технологических решений в конкретных условиях ведения очистных работ. Подчас к разработке технологических мероприятий приступают, когда процесс функционирования очистных работ уже нарушен, поэтому изыскание дополнительных людских и материальных ресурсов приводит к значительным потерям времени и, соответственно, добычи угля.

Информация, которая содержится в проектах отработки запасов выемочных участков, не может обеспечить разработку инженерных мероприятий, позволяющих:

- поддерживать оптимальный технологический режим функционирования забоев в конкретных (во времени и пространстве) условиях ведения очистных работ;
- эффективно использовать горнодобывающую технику;

- минимизировать негативное влияние горно-геологических факторов;
- создать наиболее безопасные и комфортные условия труда.

Каждая из задач горного производства, например, управление комплексом рабочих процессов в пределах выемочных участков, разведка месторождений полезных ископаемых и др. относится к классу задач о сложных объектах, которые принято решать с помощью построения систем управления. Центральным компонентом системы управления является модель, которая должна быть адекватна объекту управления.

Система технологического картографирования должна удовлетворять как требованиям отдельных векторов управления, так и оптимальности управления выемочным участком в целом. Структура системы технологического картографирования обработки запасов выемочных участков приведена на рисунке.

На этапе ввода блоков входных параметров в систему технологического картографирования необходимо осуществлять анализ статистических данных обработки запасов «подобных» выемочных участков. Анализ можно осуществить, например, с помощью нейронных сетей, что позволит выявить закономерности в статистических данных [6]. Данные о текущей наработке на отказ механического оборудования достаточно удобно получать из специализированной системы, предназначенной для ведения учета всего оборудования вместе с необходимой эксплуатационной документацией, например, из программы «Ремонт-Эксперт» [11]. В программе «Ремонт-Эксперт» автоматически формируется график планово-предупредительных ремонтов и обслуживания, а также ведется учет текущего состояния оборудования.

Центральным компонентом системы технологического картографирования является модель, которая должна быть адекватна объекту управления.

В управлении горным производством наблюдается устойчивая тенденция увеличения сложности математических и формальных моделей реальных систем и процессов управления, связанная с желанием повысить их адекватность и учесть все большее число различных факторов, оказывающих влияние на процессы принятия решений.

В то же время, на практике использование известных и ставших уже классическими концепций моделирования и управления в большинстве случаев не приводит к желаемому уровню адекватности моделей горного производства их оригиналам, а, следовательно, существенно снижает их практическую значимость.

С одной стороны, традиционные методы построения моделей не приводят к удовлетворительным результатам, когда исходное описание подлежащей решению проблемы заведомо является неточным или неполным. С другой стороны, стремление получить всю исчерпывающую информацию для построения точной математической модели сколько-нибудь сложной реальной ситуации может привести к потере времени и средств, поскольку это может быть в принципе невозможно. В подобных случаях наиболее целесообразно воспользоваться такими методами, которые специально ориентированы на построение моделей, учитывающих неполноту и неточность исходных данных. Именно в таких ситуациях технология нечеткого моделирования оказывается наиболее конструктивной, поскольку за последнее десятилетие на ее основе были решены сотни практических задач управления и принятия решений [5].

Структура системы технологического картографирования



Структура системы технологического картографирования отработки запасов выемочных участков.

Модель технологического картографирования должна обеспечивать:

- возможность постепенной детализации требований, исходных данных, а также уточнения выдаваемых результатов;
- возможность расширения функций без изменения основной структуры системы, например, учета новых массивов исходных данных (в частности, вентиляционных и транспортных систем), получения дополнительных выходных данных (например, нагрузки на забой);
- учет опыта, накопленного в процессе работы конкретного предприятия;
- возможность работы с нечеткой и неполной информацией;
- объяснимость предлагаемого решения;
- использование нормативной документации при принятии решения;
- учет ограничений, накладываемых на технологию добычи (правила безопасности, проектная документация и др.).

Задача выбора рационального комплекса технологических и ремонтно-профилактических мероприятий при управлении выемочным участком угольной шахты, в основном является эвристической, так как требуемый эффект при отработке запасов (нагрузка на забой, экономическая эффективность использования оборудования, снижение времени простоев) может достигаться множеством наборов технологических и ремонтно-профилактических мероприятий, при постоянно изменяющихся во времени условиях ведения очистных работ. Следовательно, необходим выбор из множества вариантов решений в условиях нечеткой информации. Как показал анализ существующих методов решения подобных задач, наиболее перспективным является приме-

нение аппарата нечеткого моделирования [2, 8].

Решение проблемы технологического картографирования выемочного участка угольной шахты с помощью построения системы управления на базе нечеткой модели позволит:

- **построить информационно-логическую модель** технологического картографирования выемочного участка. Модель будет реализовывать зависимость комплекса технологических и ремонтно-профилактических мероприятий от изменяющихся во времени условий отработки запасов выемочного участка;
- **настраиваться на специфику очистных работ** конкретной шахты путем корректной обработки статистики работы выемочных участков;
- **корректировать параметры модели с помощью введения дополнительных правил** в процессе функционирования системы, так как объект управления существенно нестационарен, а для эффективного управления технологическим картографированием модель должна быть постоянно адекватна объекту;
- **обеспечит возможность работать с неполной или нечеткой информацией**, так как в производственных условиях не всегда удается получить точный прогноз условий работы выемочного участка на длительный период;
- **сократить размерность модели** за счет исключения из рассмотрения параметров, изменение которых слабо влияет на комплекс технологических и ремонтно-профилактических мероприятий;
- **учитывать опыт и знания персонала** при выработке оптимального управляющего решения за счет включения отдельного блока в базу правил;

• **получить объяснимое решение** при выработке комплекса технологических и ремонтно-профилактических мероприятий;

• **улучшить экономические показатели работы добычного участка** за счет увеличения и стабилизации нагрузки на забой, снижению времени простоев оборудования, повышению уровня управляемости технологических процессов.

Реализация системы технологического картографирования высокопроизводительной отработки запасов выемочных участков может быть поставлена на промышленную основу уже на данном этапе развития научно-технического прогресса в угледобывающей отрасли в связи с наличием в угольных компаниях современных вычислительных комплексов, математического и программного обеспечения горных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Ю.Н., Некрасов В.В., Постников В.И. Технологическое картографирование отработки запасов выемочных участков. – М.: МГУ, 1993.
2. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е издание. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.
3. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Методические документы по определению нагрузки на очистные забои угольных шахт. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1980.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ Петербург, 2005.
6. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001.
7. Стадник Д.А. Прогнозирование и управление электропотреблением угольных шахт. – Сб. науч. трудов студентов магистратуры МГУ Выпуск 4. – М.: МГУ, 2004.
8. Куприянов В.В., Фомичева О.Е. Интеллектуализация технологий автоматизированных систем. – М.: МГУ, 1994.
9. Методическое руководство по совершенствованию производства на шахтах отрасли на основе разработки и внедрения технологических картограмм и карт организации труда. – М.: ЦНИЭИуголь, 1977.
10. Методические указания по прогнозированию горно-геологических условий на участках высокопроизводительных лав. – Гуково.: Гуковуголь, 1977.
11. Сайт <http://remontexpert.ru>.
12. Сайт <http://www.edinros.ru>.
13. Капутин Ю.Е., Доклад на семинаре, <http://www.geocad-it.ru/403/403r.html>. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Кузнецов Ю.Н. – профессор, доктор технических наук,
Стадник Д.А. – аспирант,
Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 13 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.В. Мельник.

