

УДК 004

Киршина Е. В., студент БЭс-141
Колокольникова А. И., доцент, кандидат технических наук
Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В настоящее время земное пространство широко осваивается почти без каких-либо ограничений и нормированных нагрузок. Интенсивная эксплуатация земного пространства техногенной деятельностью человека приводит к активизации тектонических процессов в земных недрах, что в свою очередь ведет к непредвиденным авариям и катастрофам при их освоении. На сегодняшний день разработаны новые подходы к созданию многофункциональных систем безопасности на угольных предприятиях.

Основные направления обеспечения безопасных условий работы механизированных комплексов на мощных пластах – это предупреждение неуправляемого обрушения угля в забое и ликвидация последствий отжима, приводящего к обрушению кровли в этих зонах. Выбор способов и параметров управления кровлей, в частности типов и характеристик крепей, а также конструктивных элементов систем разработки угольных пластов, осуществляется в зависимости от различных геологических, технических и экономических факторов. В связи с этим возникает необходимость в проведении комплекса мероприятий по предупреждению развития опасных событий с контролем выполненных профилактических мероприятий [2].

Современные угольные шахты используют высокоинтенсивные технологии выемки угля. Эффективность их внедрения напрямую связана с проблемой обеспечения стабильной и безопасной высокопроизводительной работы комплексно-механизированных забоев, которая может быть решена на основе компьютерного моделирования и прогнозирования динамики состояния углепородного массива при ведении очистных работ.

Компьютерное моделирование геомеханических ситуаций с учетом положения секции механизированной крепи по длине выемочного столба возможно на основе исследования динамических процессов разрушения горных пород в целях получения новых знаний о закономерностях возникновения повышенного горного давления для предотвращения аварийных и чрезвычайных ситуаций в очистных забоях угольных шахт. Задача прогноза динамического

обрушения массива горных пород при ведении очистных работ до сих пор остается актуальной. Поэтому для решения задач данного класса разумно применять информационные модели и технологии с использованием геоинформационных систем для последующего качественного управления технологическими процессами и предотвращения чрезвычайных ситуаций в очистных забоях угольных предприятий [1].

В этом случае геоинформационные технологии являются эффективным инструментом для создания системы прогнозирования возникающих зон повышенного горного давления при отработке угольных пластов. В связи с этим возникает необходимость в разработке структуры, методов и алгоритмов, входящих в состав информационных систем, для прогнозирования опасных зон повышенного давления с использованием ГИС-технологий.

Анализ существующих информационных систем горной отрасли показал, что их проблемная ориентация определяется номенклатурой решаемых задач, таких как анализ, оценка, мониторинг, управление и планирование, поддержка принятия решений и т.п. Предлагаемые системы программного обеспечения для добывающих отраслей промышленности ориентированы в основном на оценку запасов и отдельных этапов проектирования и планирования горных работ, задачи же такого рода, как геомеханика недр, проектирование систем вентиляции, крепления, электроснабжения и водоотлива для подземного рудника (шахты) практически не обеспечены эффективным программным обеспечением. Что же касается прогнозирования динамики обрушения горных пород при ведении очистных работ и выбора оптимальных вариантов выемки угля, то эти задачи остаются еще нерешенными.

Геоинформационная система, ориентированная на обеспечение технологической безопасности, должна представлять собой комплексное программное средство, включающее пространственные и атрибутивные базы данных, модели для прогнозирования аварийных ситуаций, их последствий, сценарии реагирования и т.п. Однако для горнодобывающего производства эти задачи имеют ряд особенностей, которые не учитываются в существующих информационно-аналитических системах: либо не позволяют достоверно моделировать ситуации, связанные с обрушением горных выработок, либо в них отсутствуют средства картографирования и пространственно атрибутивные базы данных. Более того, большинство систем не поддерживает принципы открытой архитектуры, что не позволяет создать интерфейсный контроллер для преобразования или передачи в другую систему [3].

Все подобные информационные системы используют схожий концептуальный принцип построения архитектуры рабочего процесса, т.е. разнородные

сведения о работе горнодобывающего предприятия преобразуются в специальную структуру и распределяются между специализированными базами данных, объединенными между собой в систему хранилища данных. На основе пространственно-атрибутивных данных может быть построена компьютерная модель горных выработок с проекциями буровых скважин на электронной карте.

В качестве дополнительной подсистемы может быть использована система анализа геопространственных данных, которая проектируется отдельно и зависит от предметной области [2]. На основе базы геопространственных данных проводится моделирование углепородных пластов с учетом нарушения сплошности породного массива. Для решения этой проблемы использованы элементы нечеткой логики и элементы математической графики.

Результатом работы этой подсистемы является формирование компьютерной геологической модели углепородного массива шахтного поля для информационной поддержки ведения горных работ на предприятии. Задав желаемые размеры отрабатываемого участка, специалистам предоставляется возможность исследовать литографический состав и отобразить геометрию как всего породного массива, так и любого слоя в отдельности. Учитывая дополнительные факторы и условия ведения горных работ, принимается один из вариантов отработки угольного пласта.

Зачастую исследования проводятся при фиксированных положениях забоя без учета предыдущего напряженно-деформированного состояния и изменения механических характеристик боковых пород [3]. В действительности при проведении выемочных работ и циклическом движении очистного забоя геомеханические процессы, протекающие в породах, имеют достаточно сложный характер. В результате многократного приложения и снятия усилия секциями крепи к непосредственной кровле механические свойства породных слоев изменяются, что приводит к преждевременному обрушению пород кровли с образованием куполов и обрушению поверхности забоя.

Таким образом, после построения геометрической модели углепородных слоев запускается процесс моделирования движения очистного забоя. Прогнозирование напряженно-деформированного состояния породного массива предложено осуществлять с помощью пошаговой процедуры на основе имитационного моделирования процесса взаимодействия углепородного массива с угледобывающим комплексом. При реализации компьютерных экспериментов секция механизированной крепи очистного забоя перемещалась до исследуемого положения с шагом передвижки.

Управляющий модуль осуществляет имитацию циклического движения угольного комбайна, изменяя размеры и форму выработанного пространства, положение секции крепи, управляя давлением в гидростойках и т.п. В результате моделирования получают количественные оценки параметров геомеханического взаимодействия механизированных крепей с угольным пластом и вмещающими породами. Изолинии напряжений могут быть визуализированы как на поверхности электронной карты в области ведения горных работ, так и на отдельных срезках в пределах шахтного поля.

Результаты моделирования движения очистного забоя хранятся в реляционной базе данных по принципу «ключ-значение», что позволяет получать интересные данные за линейное время вне зависимости от количества крепей и размеров базы данных.

В имитационной модели поведение компонентов сложных систем описывается набором алгоритмов, реализующих ситуации. Моделирующие алгоритмы основаны на решении системы дифференциальных уравнений механики горных пород методом конечных элементов. Для обеспечения требуемой адекватности модели и повышения точности результатов моделирования модель (алгоритм ее работы) необходимо настраивать. Технология настройки алгоритма состоит в использовании итеративной процедуры корректировки параметров алгоритма на основе отклонений расчетных смещений горных пород в окрестности очистного забоя от предварительно обработанных фактических. При прогнозировании напряженно-деформированного состояния углепородного массива учитывается предшествующее состояние и динамика, прогрессирующая дезинтеграция горных пород в зоне техногенного воздействия, что позволяет получать более достоверные результаты.

Одним из методов визуализации данных является картографирование. Объекты техногенного взаимодействия отображаются в виде графических изображений и, если существует географическая привязка, проецируются на реальные территории. Инструменты OLAP и Data Mining превращают процесс визуализации в один из этапов итерационного анализа данных. Результаты математического моделирования размещаются в различных базах данных. Использование описанных выше технологий предоставляет пользователям возможность проведения детального анализа процессов выемки полезного ископаемого путем получения «срезов» по результатам математического моделирования в любых местах географического размещения объекта.

Задача визуализации изменения состояния углепородного массива во времени решается путем выдачи на экран последовательности статичных изображений (кадров), представляющих собой набор анимационных поверхностей.

Стоит отметить, что речь о проекции для анимированных анаморфоз можно вести лишь условно, так как в ходе анимации контуров происходит динамическое изменение пространства, которое может быть описано семейством проекций по кадровому изменению отображаемого пространства.

Таким образом, разработанная горногеографическая информационная система позволит выявлять участки техногенных опасностей на основе компьютерного моделирования и прогнозирования динамики состояния углепородного массива при ведении очистных работ с использованием ГИС технологий для последующего качественного управления технологическими процессами и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Следовательно, стабильность и безопасность высокопроизводительной работы комплексно-механизированного забоя при разработке пластов с изменяющимися горногеологическими условиями на этапе разработки проектной документации обеспечиваются имитацией динамики состояния углепородного массива при движении очистного забоя, прогнозом опасных зон и разработкой профилактических мероприятий по предотвращению аварийных ситуаций.

Список литературы

1. Шек, В. М. Использование имитационного моделирования для оптимизации проведения горных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-imitatsionnogo-modelirovaniya-dlya-optimizatsii-provedeniya-gornyh-rabot](http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-imitatsionnogo-modelirovaniya-dlya-optimizatsii-provedeniya-gornyh-rabot)
2. Степанов, Ю. А. Структура региональной геоинформационной системы при ведении выемочных работ угледобывающих предприятий / Ю. А. Степанов // Тематический журнал Геоинформатика. – Москва. – 2015. – № 1. – С. 36-41.
3. Степанов, Ю. А. Обеспечение информационной поддержки ведения горных работ с использованием ГИС-технологий / Ю. А. Степанов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово. – 2014. – № 4. – С. 118-122.