

плотности и консистенции. Для упрощения присвоения параметров грунтового основания применяется интерактивный список, предназначенный для определения значений K_b и α_b , и численное определение основных параметров C_g , φ_g , E_g и γ_g . В качестве дополнительных функций предусмотрено изменение диаметра фундамента и его материала, однако, рекомендуемое значение $D_f = 0,6$ м для железобетонного фундамента из тяжелого бетона является наиболее подходящей к предлагаемой методике.

Таким образом, основные принципы и предложенный алгоритм программного комплекса для

расчета могут являться инженерным обоснованием конструкций фундаментов дорожных знаков при их проектировании. Разработанный программный комплекс может быть использован проектными организациями, занимающимися проектными работами объектов транспортного назначения и их комплексов.

В дальнейшем, основываясь на более подробных изучениях фундаментов данного типа, планируется корректировка методики, а внедрение дополнительного алгоритма позволит расширить расчетную базу, путем добавления сложных и индивидуальных дорожных знаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 22.13330.2011. Основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* / Мин. России. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 297 с.
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85/ Мин. России. – М.: ОАО «ЦПП», 2010. – 109 с.
3. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств / Федер. агент. по тех. регул. и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2005. – 161 с.
4. ГОСТ Р 52290-2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования / Федер. агент. по тех. регул. и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2006. – 129 с.

Авторы статьи

Шабаев
Сергей Николаевич
канд. техн. наук, доцент, зав. каф.
автомобильных дорог КузГТУ;
тел.: +7 (904) 371-04-29

Соколов
Михаил Валерьевич
асс. каф.автомобильных дорог
КузГТУ
; тел.: +7 (951) 573-14-68;

Юрин
Сергей Александрович
студент гр. СДб-111.КузГТУ
тел.: +7 (951) 573-14-68

УДК 622.33:681.3

Ю.А. Степанов

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Кузнецкий угольный бассейн входит в список крупнейших угольных месторождений. Рыночные условия, складывающиеся в России, требуют использования в угольной промышленности высококонтинентивных технологий 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 управления технологическими процессами, моделирования и прогнозирования геомеханического взаимодействия массива горных пород с угледобывающим комплексом. Добыча полезного ископаемого сопровождается и различного рода геомеханическими процессами, в том числе горными ударами и внезапными выбросами угля и газа.

Компьютерное моделирование геомеханических ситуаций с учетом положения СМК 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 т.к. она описывается комплексом моделей различной физической природы и аналитическими методами не может быть решена. Поэтому, для решения задач данного класса разумно применять информационные модели и технологии с использованием геоинформационных систем для последующего каче-

ственного управления технологическими процессами и предотвращения аварийных ситуаций.

Не смотря на широкий спектр различных программных продуктов для угледобывающей отрасли, существует ряд проблем, связанных с их использованием. Одним из недостатков является перегруженность рассматриваемых программ дополнительными функциям, вследствие чего конечный пользователь вынужден оплачивать заведомо ненужные возможности программы. Использование продуктов разных компаний затрудняет интеграцию программ в единую информационную систему предприятия. Отсутствие открытых интерфейсов разработчика и закрытый исходный код делают невозможным добавления необходимых функций без обращения к компании разработчику.

Задача разработки программного обеспечения рассматриваемого класса не является тривиальной [1]. Это объясняется, в первую очередь сложным функциональным наполнением специализированного программного обеспечения (СПО) ГИС, которое предполагает большое число явных и косвенных связей между компонентами системы, высокую стоимость проектирования и сопровождения программного продукта. При этом необходимо сохранить требуемую функциональность, снизить стоимость разработки и сложность архитектуры, возможно учитывая особенности, связанные с проектированием реализацией рассматриваемого класса программных систем.

СПО используется при решении задач построения электронных классификаторов, анализа геологоразведочных данных, мониторинга экологической ситуации, выбора оборудования, мониторинга перемещения техники и персонала, учёта добычи полезных ископаемых и многих других задач. В таком программном обеспечении используются специализированные алгоритмы обработки данных и методы пространственного анализа, учитывающие географическую привязку объектов и их взаимное расположение. Следовательно, для решения задач угледобывающих предприятий целесообразно использовать СПО на базе ГИС технологий, сочетающие методы анализа, характерные для геоинформатики, с алгоритмами, применимыми в выбранной предметной области с учётом специфики обработки и хранения данных в рамках рассматриваемых задач [2].

Контроль над процессом добычи полезных ископаемых предлагается осуществлять с использованием тематических электронных карт. Такой подход позволит учитывать пространственно-атрибутивную привязку значимых объектов при обработке оперативной информации и осуществлении мониторинга состояния экологической ситуации в зоне ответственности угледобывающих предприятий. Что, в свою очередь, позволяет получать более точные результаты расчётов и осуществлять информационную поддержку при ведении горных работ. Объектная декомпозиция задач

включает в себя следующие сущности: электронная карта, объект электронной карты, взаимодействия объектов.

Разработанные классификаторы реализованы для создания тематических карт разрезов, шахт, инфраструктуры и трёхмерных моделей угольных месторождений. Для формирования тематических электронных карт, соответствующих представленной разработанной декомпозиции, целесообразно использовать специализированные средства электронного картографирования.

Большая часть практических задач, служащих для нахождения геомеханических параметров в окрестности очистного забоя, связана с анизотропными средами. Так при расчете нагрузок, действующих на механизированную крепь, имеем сложную систему, в которой принимают участие анизотропный углепородный массив, выработанное пространство и секция механизированной крепи. Принципиальным отличием этой системы является изменение ее геометрических и механических параметров во времени и пространстве. В этих условиях применение современных численных методов моделирования движения окружающей среды и механизированной крепи требует постоянного изменения формы, размеров и деформированных свойств материала конечных элементов.

В имитационной модели поведение компонентов сложных систем описывается набором алгоритмов, которые затем реализуют ситуации, возникающие в реальной системе "механизированная крепь – углепородный массив". Моделирующие алгоритмы позволяют по исходным данным, содержащим сведения о начальном состоянии сложных систем, и фактическим значениям параметров системы отобразить реальные явления в системе и получить сведения о возможном поведении сложной системы для данной конкретной ситуации. На основании полученных результатов моделирования пользователь может принять соответствующие решения для предотвращения чрезвычайных ситуаций или выработка мероприятий по ликвидации аварийных ситуаций.

В результате проведенных исследований пользователи получают большие массивы данных напряжений и деформаций. Из этих массивов необходимо достаточно часто извлекать данные о конкретных локальных областях, систематизировать их по требуемым параметрам и отображать в графической форме. Это требует, с одной стороны, разработку средств навигации, а с другой стороны, разработку средств деловой графики. Программы, решающие указанные задачи, представляют собой специализированные браузеры. Такая программа позволяет выбирать интересующие исследователя узлы или конечные элементы для вывода параметров, полученные в результате расчетов. Результаты исследования могут быть представлены в виде полей напряжений или смещений

в исследуемом углепородном массиве или в виде графиков, как в специализированных редакторах, так и в коммерческих приложениях.

Разместив полученные результаты на электронной карте ведения горных работ, можно осуществить их координатную привязку. Это позволит рассматривать влияние процесса добычи угля в системе взаимодействия объектов с геопространственными характеристиками. На основании полученных результатов, можно осуществлять прогноз опасных участков при выемке полезных ископаемых, что в свою очередь позволит выбирать технологию разработки месторождения, выработать комплекс мероприятий по обеспечению безопасности ведения горных работ, проводить районирование экономических показателей о целесообразности ведения горных работ и т.п.

Программа, созданная творческим коллектиком, предназначена для компьютерного моделирования движения очистного забоя и расчёта напряженно-деформированного состояния углепородного массива с целью прогнозирования обрушения пород кровли в результате ведения горных работ. На рисунке 1 представлена структура специализированной ГИС для моделирования геомеханических процессов в очистном забое. Отдельными компонентами считаются контроллеры, предназначенный для согласования работы подсистем, и пользовательский интерфейс.

В качестве основных элементов интерфейса используются две тематические карты. Первая тематическая карта включает в себя элементы для нанесения геологоразведочных данных, выбора режимов формирования геологических срезов и

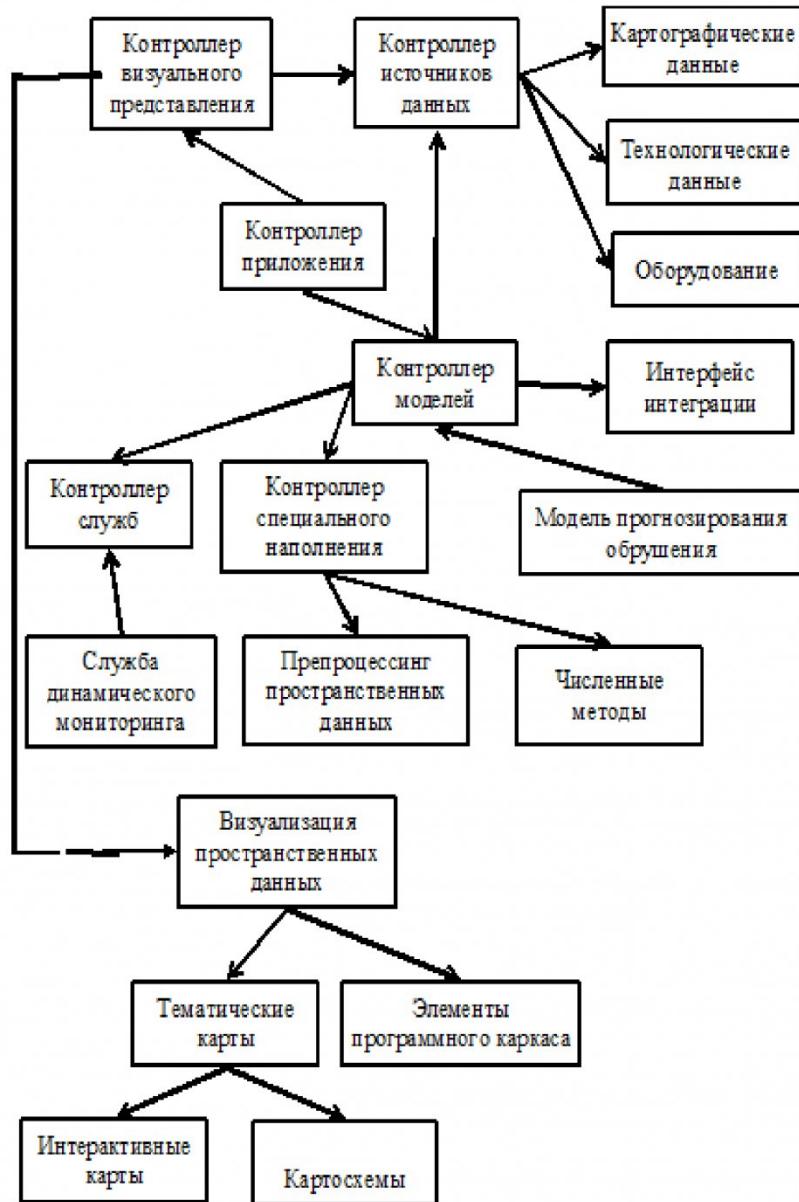


Рис. 1. Структура специализированной ГИС для моделирования геомеханических процессов в очистном забое

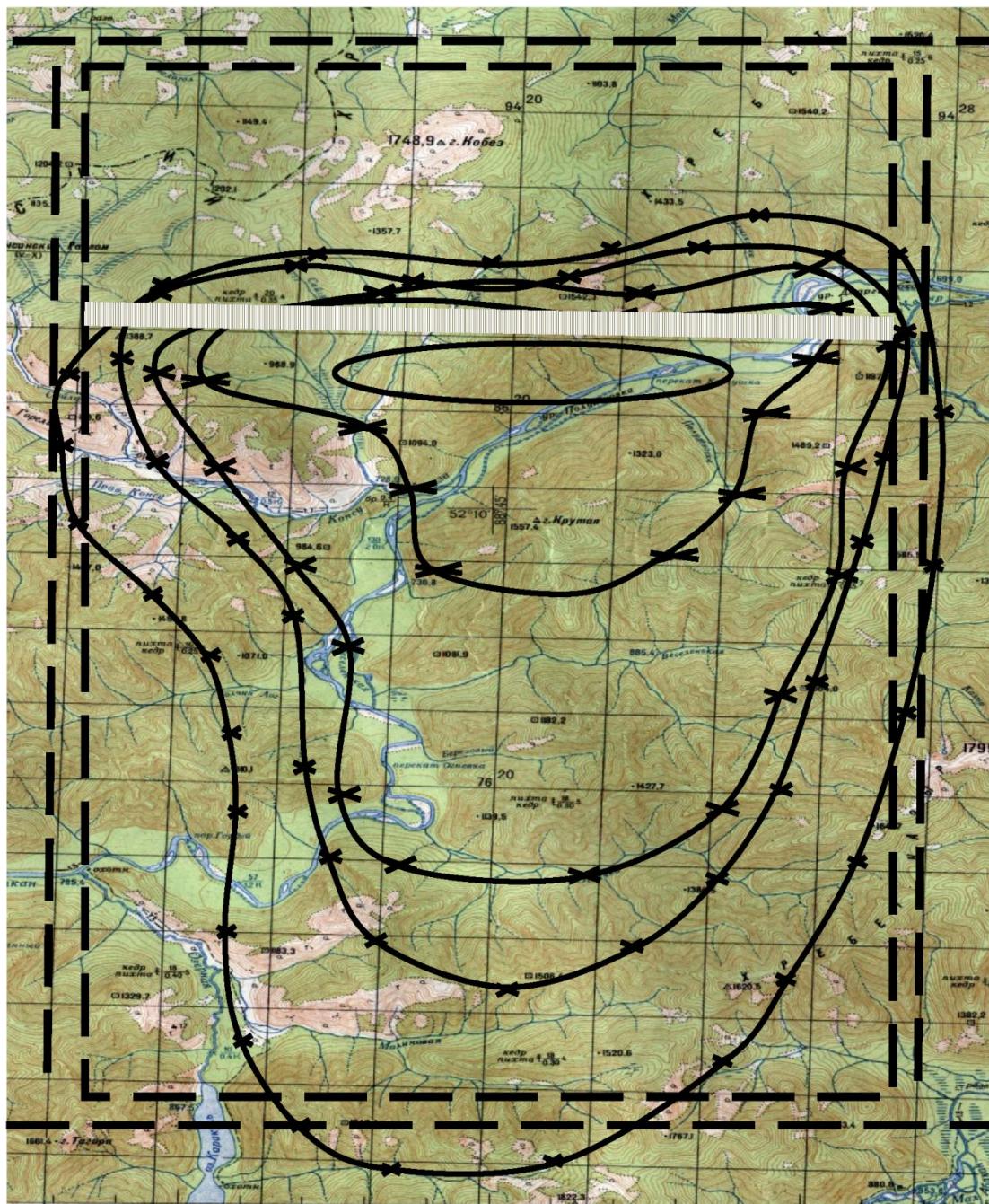


Рис. 2. Визуализация результатов моделирования

элементы интеграции со сторонними приложениями (например, Surfer) и базами данных. Вторая тематическая карта представляет собой интерактивный геологический срез, полученный по результатам моделирования механических свойств породного массива. С использованием второй карты можно визуализировать отдельный слой, изменить характеристики слоя и выполнить повторное моделирование.

В начале работы программы создаётся тематическая карта района добычи полезных ископаемых, которая включает: буровые скважины с координатной привязкой, характеристики рельефа местности, дополнительные факторы (например, водные источники) и значимые объекты инфра-

структурь. На основе пространственно-атрибутивных данных, может быть построена Компьютерная модель горных выработок с проекциями буровых скважин на электронной карте. Далее, по данным геологоразведки, производится моделирование углепородных пластов с учетом нарушения сплошности породного массива. Для решения этой проблемы использованы элементы нечеткой логики и элементы математической графики. Поскольку в Кузбассе ведется отработка пологих угольных пластов, то несплошность породного слоя определяется несоответствием соединяющих линий между стратиграфическими замерами с учетом экстраполирования имеющихся данных и линиями, не превышающими 30° по от-

ношению к поверхности земли. 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. Координаты выемочного участка для ведения горных работ выбираются на основании системы координат карты.

На следующем этапе осуществляется выбор горношахтного оборудования из соответствующей базы данных и его размещение. Такая программа необходима для подбора оптимальной и альтернативной секции механизированной крепи при ведении очистных работ. Выбор крепи осуществляется по силовым характеристикам и мощности вынимаемого пласта.

После чего запускается процесс моделирования движения очистного забоя. Прогнозирование динамики разрушения горных пород осуществлялось 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 осуществлял имитацию циклического движения очистного забоя, заключающейся в изменении размеров и формы выработанного пространства, имитации различных положений секции крепи, управлении давлением в гидростойках крепи и т.п. Технология настройки алгоритма состояла 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 массива горных пород в окрестности очистного забоя с учетом его циклического движения, учитывалось предшествующее состояние и прогрессирующая дезинтеграция горных пород в

зоне техногенного воздействия.

В результате проведенного компьютерного моделирования ведения горных работ, получаем количественные показатели параметров геомеханического взаимодействия механизированных крепей с угольным пластом и вмещающими породами. Результаты математического моделирования размещаются в различных базах данных, т.к. для нахождения каждого параметра формируются свои массивы данных. Таким образом, при создании тематических карт, результаты математического моделирования целесообразно выводить в виде набора изолиний. На рисунке 2 показан пример визуализации семейства изолиний отношения остаточной прочности пород к исходной при движении очистного забоя от монтажной камеры. Жирная линия на карте показывает местонахождение очистного забоя. Пунктирной линией показано положение горных выработок.

Изолинии напряжений могут быть визуализированы как на виде сверху в области ведения горных работ в пределах шахтного поля, так и на отдельных срезах. Данные моделирования движения очистного забоя с определенным шагом хранятся в реляционной базе данных по принципу «ключ-значение». Такой подход позволяет получать интересующие данные за линейное время, вне зависимости от количества крепей и размеров базы данных. В качестве основы для приложения используется программный каркас, реализующий общие функции ГИС и поддерживающий расширение посредством модулей.

Таким образом, отображение результатов моделирования ведения очистных работ в пределах выемочного участка с использованием ГИС – технологий на тематических электронных картах позволит осуществлять прогноз опасных зон и планировать профилактические мероприятия по предотвращению аварийных ситуаций, выбирать очистной механизированный комплекс с силовыми характеристиками крепи, соответствующими наиболее сложной горно-геологической ситуации по длине выемочного столба на этапе разработки паспорта выемочного участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черемисина, Е.Н. Геоинформационные системы и технологии : учебник для вузов / Е.Н.Черемисина, А.А.Никитин. – М. : ВНИИГеосистем, 2011. – 376 с. : ил.
2. Степанов, Ю.А. Структура региональной геоинформационной системы при ведении выемочных работ угледобывающих предприятий / Геоинформатика: научный журнал НИИ Геосистем, Москва, Россия. - М., 2012, №1. – (36-41 С). Режим доступа: <http://geosys.ru/index.php/ru/journal.html> [05.02.2013]

Автор статьи:

Степанов

Юрий Александрович

канд. техн. наук, доцент каф. информационных систем и управления НФИ КемГУ,
email: Dambo290@yandex.ru