

УДК 622.1:744:004.92

А. А. Гагарин, главный маркшейдер
(АО «СУЭК-Кузбасс»)

Ю. М. Игнатов, доцент, к. т. н., Г. Н. Роут, доцент, к. т. н.
(КузГТУ, Кемерово)

A. A. Gagarin, the main markseger
(OAO "SUEK-Kuzbass")

Y. M. Ignatov, docent, candidate of engineering sciences

G. N. Routh, docent, candidate of engineering sciences
(KuzSTU, Kemerovo)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ПЛАНА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И МЕТОДОВ ПРОГНОЗА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

IMPROVED METHODS OF CREATING A DIGITAL PLAN OF THE MINE WORKINGS AND METHODS OF FORECASTING OF GEOLOGICAL CONDITIONS

На кафедре маркшейдерского дела и геологии Кузбасского государственного технического университета совместно с маркшейдерской службой АО «СУЭК-Кузбасс» разрабатываются: методика создания цифрового маркшейдерского плана, правила построения цифровой модели горного массива и методы компьютерной моделирования и построения прогнозных планов путем применения геоинформационных технологий (ГИС-технологии) MicroMine, Surpac, MapInfo.

Состав горной графической документации регламентируется Инструкцией по производству маркшейдерских работ [1]. Инструкция указывает «Пользователи недр могут вести маркшейдерскую документацию в виде графических оригиналов (дубликатов) и цифровых моделей, позволяющих получать графические копии планов и т.д.». Обработка маркшейдерских измерений и ведение горной графической документации могут выполняться с помощью компьютерных технологий [1].

Традиционный подход к проектированию, сложившийся на протяжении многих лет в горной промышленности, предполагает получение исходных данных при изучении технического чертежа. Основным документом для планирования и ведения горных работ является план горных выработок, который ведет маркшейдерская служба каждого горнодобывающего предприятия в виде рабочего планшета и цифровой модели. Цифровые модели плана затем используются в визуализированном виде на экране монитора и в графическом виде на

бумаге. Цифровые модели планов на шахтах Кузнецкого угольного бассейна изготавливаются путем сканирования, последующей векторизации и пополнения по результатам маркшейдерской съемки. Для выполнения векторизации используются наиболее популярные системы автоматизированного проектирования (AutoCAD, MicroStation).

Вследствие этого многие практические задачи решаются специалистами горнодобывающих предприятий с использованием компьютера как второстепенное вспомогательное средство. В результате информатизация в области маркшейдерских работ приобретает узконаправленный характер потому что не ориентирована на современные геоинформационные технологии.

Работы по созданию цифровых планов и карт на горнодобывающих предприятиях выполняются в соответствии с правилами формирования горной графической документации и стандартами изображения элементов горных объектов. Однако, эти стандарты не цифровые и они ориентированы на технические чертежи. Квалифицируются они как ссылочные нормативно-технические документы, приняты более 20-ти лет назад, переиздаются, но по-прежнему не ориентируются на стандарты ГИС и цифровой картографии.

Многолетнее внедрение в горные производственные процессы информационных технологий проектирования на основе САД-систем создало впечатление что другой инструмент не нужен, если все владеют этой технологией. Таким способом геоинформационные технологии были отсечены от использования на горнодобывающих предприятиях. В результате такого подхода имеем неразвитые способы обработки и анализа пространственных данных горного производства, а мощный аппарат обработки пространственных данных, которым обладают ГИС, используется в малой степени.

Нами разрабатываются четыре основных направления в совершенствовании методики создания цифрового плана и методов прогноза горно-геологических условий, которые приводим далее.

1. Состав, название и содержание слоев должны быть определены и регламентированы.

ЦП горных выработок формируется непосредственно на шахте и используется при прогнозировании горно-геологических условий, планировании горных работ и при маркшейдерском обеспечении. Поэтому он ориентирован на создание твердых копий, только в этом случае с ними смогут работать различные специалисты всех уровней в том числе и подписывать. Источниками пространственных данных для создания ЦП горнодобывающих предприятий служат:

- традиционные планы горных выработок;
- топографические карты места расположения предприятий;
- физико-технологические данные рабочих журналов.

Цифровой план может быть представлен в компьютере в виде растрового изображения (растровая модель), векторного изображения (векторная модель) или в смешанном растрово-векторном виде. Во всех случаях он является многослойным набором разнородных пространственных данных, отображающих по возможности все необходимые физические, геологические и технологические параметры.

Все объекты ЦП отображаются на плане с помощью условных знаков. Условный знак соотносится с конкретным векторным объектом через значение классификационного кода. Набор атрибутивных полей автоматически соотносится с условным знаком и может использоваться в совокупности с ним. Таким образом, образуется связка «объекты» - «система классификации» - «система условных знаков». В качестве основы системы условных знаков в каждой конкретной практической области используют уже разработанные специалистами картографические знаковые системы. Используемый перечень всегда является частью утвержденного Роскартографией классификатора картографических условных знаков для топографических карт определенного масштаба. Классификатор содержит разделы, выделяемые на основе классификации пространственных объектов и детально рассматривается в работе [2].

На основе традиционных классификаторов в цифровых планах создают цифровые классификаторы объектов, которые включаются в структуру БД. Разделы цифрового классификатора, называемые иначе библиотеками условных знаков, представляют тот или иной класс реальных объектов и должны дополняться в своем составе на первых порах в каждом ведомстве.

2. Цифровые планы должны быть связанные с базами данных (БД).

Главное преимущество ЦП перед бумажными заключается в том, что цифровой картографический материал имеет математическую основу, которая позволяет использовать среды разработки приложений, способствующих автоматизированному решению задач. Таким образом, ЦП можно рассматривать как информационную систему технического назначения и применять к его разработке принципы построения информационных систем [2].

Например, в программе (САМАРА) обмен информацией между внешней базой данных и графическим файлом имеет односторонний характер – из внешней базы в графический файл. Изменения, производимые в графическом файле не отражаются на содержимом внешней базы данных, а для построения информационной системы необходимо, чтобы цифровые планы были связанные с базами данных.

При векторизации ЦП в БД вносят значения известных и необходимых для проекта свойств векторизованных объектов, которые называют «атрибутивными данными». Эта составляющая должна быть жестко связана с графическими данными и каждая запись БД должна

соответствует одному векторному объекту. Использование в ЦП баз данных есть то их общее свойство с ГИС, которое обеспечит качественный анализ данных. Структура БД ЦП, как и в ГИС, может быть простой и состоять из одной реляционной таблицы, но чаще является набором связанных таблиц.

ГИС имеют встроенную систему управления базами данных (СУБД). СУБД определяется как комплекс программных и языковых средств для создания, выделения и использования атрибутивных данных. Цифровые планы выполненные с определенными требованиями могут входить в состав ГИС, могут редактироваться и анализироваться в среде ГИС, а также создаваться с использованием программного обеспечения ГИС. Требования к содержанию и структуре цифрового плана обусловленные возможностью использования его в ГИС следующие:

- обеспечивать возможность представления в цифровой форме всей составляющей информации;
- определять структуру и содержание пространственной информации;
- включать в цифровое описание объектное представление пространственной информации (данные о местоположении объектов, их форме и размерах) с необходимой точностью и полнотой.

В СУБД пространственные данные представляются как структурно объединенные в строки атрибутивные данные. Поэтому структурной единицей цифрового описания пространственной информации в составе ЦП должен быть цифровой объект (очисные и подготовительные выработки). Однако, объект цифрового плана, в отличие от объекта БД, имеет графическое представление, т.е. является графической моделью реального пространственного объекта. Множество цифровых моделей объектов можно поделить на два типа: дискретные объекты и непрерывные объекты.

Таким образом, цифровое описание объекта должно формироваться с использованием требований, объединенных в три группы:

- правила определения типа (или характера) локализации;
- правила представления метрики и отношений;
- правила представления семантики объектов.

В настоящее время не существует единого классификатора объектов для горнодобывающих предприятий, что заставляет при создании ЦП использовать кодовые обозначения элементов горного производства. Система кодирования должна обеспечивать содержание объекта в соответствующее ему уникальное кодовое обозначение. Основные требования к цифровой картографической информации приведены в [2,5].

3. ЦП должен служить основой при создании цифровой модели горного массива.

Общая цифровая модель горного массива это многослойная модель, которая в зависимости от назначения может быть представлена сочетанием частных цифровых моделей (слоев): ЦП горных выработок, рельефа, геологических, геомеханических условий и других характеристик горного массива.

Для построения цифровых прогнозных планов геомеханических свойств массива горных пород необходимо решить следующие пользовательские задачи:

- определить исходные параметры и ввести их в базу данных;
- произвести количественную оценку свойства горных пород и выполнить моделирование структурных особенностей участка проектирования;
- создать связи между моделями, геоинформационной системой и цифровыми планами горных выработок.

В цифровой модели горного массива значение имеют состав и свойства пород ложной, непосредственной, основной кровли и почвы пластов. Указанные слои представлены разными стратифицированными структурами, состоящими из литотипов (песчаники, алевролиты, аргиллиты и т. д.). При построении модели эти свойства оцениваются комплексным показателем, утвержденным отраслевой инструкцией (показатель устойчивости кровли). При этом используются такие показатели как вектор напряженного состояния горного массива [3], тектоника [4], трещиноватости др., которые размещены в виде полей и оказывают большое влияние на физические свойства пород. Нами разработаны программы по расчету интегральных показателей в информационной матрице для моделирования исходных условий, разработан метод переноса результатов моделирования на цифровые планы.

4. Совершенствование методики компьютерного моделирования и методов прогноза горно-геологических условий с использованием ГИС-анализа.

Явное преимущество ГИС перед САД-системами заключается в полнофункциональном управлении и использовании баз данных. ГИС-технологии предоставляют возможность интегрировать в единую информационную среду алгоритмы решения многих прикладных задач.

В анализе векторных геоданных ГИС объединяют операции работы с БД (такие, как запросы и статистический анализ) с преимуществами полноценной визуализации и графического пространственного анализа, которые предоставляют компьютерные карты. Благодаря этому обстоятельству традиционно используемый при обработке БД аппарат SQL-запросов в ГИС поднимается на совершенно новый уровень.

Пространственный анализ полученных результатов производится на основе таблиц выборки с присоединенными графическими объектами с помощью стандартных средств ГИС:

- выборка тематических данных по запросу;
- классификация тематических данных;
- построение тематических слоев.

В ГИС модель атрибутивных данных – реляционная – логическая модель на основе равноправных таблиц, столбцы которых могут быть получены через номера столбцов, а строки – через номера строк. Имея собственные СУБД, ГИС работают также с локальными (dBase, FoxBase, Access, Oracle, DB2) и сетевыми СУБД. Во всех видах пространственного ГИС-анализа (включая создание приложений) и в предварительной обработке геоданных активно используется язык запросов SQL.

ГИС-анализ осуществляется поэтапно: сначала поиск и идентификация объектов, затем измерение их пространственных характеристик, и, наконец, совместный анализ пространственной и атрибутивной информации о реальных объектах. Простой ГИС-анализ опирается на методы традиционной картографии и обработки БД, применяя их к ГИС-объектам. Сюда же можно отнести описания объектов и слоев и выполнение действий над объектами (создание, выделение, перемещение и т.п.). Комплексный ГИС-анализ включает, помимо этого, обработку разнородных данных в единой геоинформационной среде.

Таким образом, необходимо расширять применение ГИС для создания горной графической документации в цифровом формате. Такая технология объединяет в себе цифровую обработку изображений с системой управления базами данных, позволяет выполнять широкий спектр действий, связанных с получением, обработкой и анализом информации.

Список литературы

1. Охрана недр геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15 / Колл. авт. – М.:ФГУП Государственное предприятие НТЦ по безопасности в промышленности ГГТН России, 2004. – 120с.

2. Жуков Г.П. Создание и ведение маркшейдерской горной графической документации в цифровом формате. / Жуков Г.П., Ишбулатова Л.Р., Иванов И.П. – М.: Издательство «Горное дело». – 2015. – 200 с.: ил., табл.

3. Игнатов Ю. М., Рудаков В. А. Использование вектора горизонтального напряжения для повышения точности построения электронных планов и моделей // ГИАБ. 2004. №6. URL: 173-174с.

4. Батугин А.С. Тектонофизическая модель горно-тектонических ударов с подвижками крыльев крупных тектонических нарушений. //

ГИАБ, «Труды научного симпозиума «Неделя Горняка – 2010». 2010. с.252-264.

5. ГОСТ Р 51605-2000. Карты цифровые топографические. Общие требования. – М. : Госстандарт России, 2000. – 7 с.