

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.13.84.001

УДК 622.1:744:004.92

© Ю.М. Игнатов, А.А. Гагарин, Г.Н. Роут, М.Ю. Игнатов, 2020

Ю.М. ИГНАТОВ

канд. техн. наук, доцент
КузГТУ, г. Кемерово
e-mail: mnoc@mail.ru



А.А. ГАГАРИН

главный маркшейдер
АО «СУЭК-Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий
e-mail: gagarinaa@suek.ru



Г.Н. РОУТ

канд. техн. наук, доцент
КузГТУ, г. Кемерово
e-mail: lmm.mdg@kuzstu.ru



М.Ю. ИГНАТОВ

инженер
ГБУ «Главное Строительное Управление
Кузбасса»,
г. Кемерово
e-mail: ignatov1980@mail.ru



ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В статье приводятся результаты использования цифровой графической документации, применяемой для решения инженерных задач горнодобывающих предприятий СУЭК, с использованием программы Mineframe. Приведены методы автоматизированной обработки инструментальных съемок, пополнения планового и съемочного обоснования цифрового плана горных выработок, выпуска чертежей, соответствующих действующим российским нормативам оформления документов.

Разработан метод создания цифрового горно-геологического прогноза, который позволяет выполнять размещение сведений о горном массиве в графические и тематические базы данных, соединять их с модельными и расчетными функциями для преобразования в пространственную информацию и визуализировать на маркшейдерском цифровом плане.

Таким образом, применяемая программа Mineframe представляет собой информационную технологию инженерного обеспечения горных работ, позволяющую за счет применения программных продуктов повысить производительность труда специалистов, исключить дублирование информации и создать условия для повышения промышленной безопасности и эффективности технологических решений.

Ключевые слова: МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАН, ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ.

ВВЕДЕНИЕ

Горнодобывающие предприятия относятся к категории опасных производственных объектов. Создание маркшейдерской горной графической документации регламентировано документами «Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. РД 07-408-01» [1], «Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03)» [2] и ГОСТом [3]. Горно-геологическая и горнотехническая информация является базовой составляющей информационного обеспечения при принятии решений увязки в пространстве и во времени расположения горных выработок и средств механизации производственных процессов.

Специалисты, которые создают горную графическую документацию, переводят ее в цифровой формат для автоматизированного проектирования и тиражирования графических копий планов горных выработок. Цифровые маркшейдерские планы (ЦМП) на шахтах Кузнецкого угольного бассейна изготавливаются путем сканирования планов горных выработок на маркшейдерских планшетах, последующей векторизации и пополнения по результатам маркшейдерской съемки. Источниками пространственных данных служат: традиционные планы горных выработок на планшетах; цифровые топографические карты; материалы съемочных работ; текстовые материалы, таблицы, схемы, данные рабочих журналов. Все объекты ЦМП отображаются на плане с помощью условных знаков, которые соотносятся с конкретными

объектами через значение классификационного кода. Использование цифровой графической документации для решения инженерных задач горнодобывающих предприятий с использованием программы Mineframe является актуальным.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ШАХТАХ

В настоящее время используется ряд прикладных пакетов программ, которые поддерживают геоинформационные принципы обработки и анализа пространственных данных. Пакет программ Самара позволяет выполнить чертежи для планирования и руководства горными работами по категориям: чертежи земной поверхности; горных выработок; горно-геологические и горно-геометрические; производственно-технические. Аналогично обстоит дело с пакетами программ GEOL_DH и KAI-2001 для AutoCAD (разработчик Косов А.И., Магадан), а также с приложением российской компании CSoft Development к AutoCAD — СПДС GraphiCS, предназначенным для разработки проектно-технической документации в строгом соответствии с требованиями СПДС (Системы проектной документации для строительства). GEOL_DH включает пакеты программ графического отображения геологической, маркшейдерской и расчетной информации в 3D, оцифровки геологических чертежей; отображения скважин, элементов залегания, блочных структур, подсчет запасов и пр. GeoniCS — это линейка профессиональных программных продук-

тов российской компании CSoft Development, предназначенных для специалистов в области геодезии, геологии, землеустройства и проектирования генпланов, работает на платформе AutoCAD. Модуль «Топоплан» — это ядро программы, позволяющее создавать топографические планы. Модуль «Генплан» используется при проектировании промышленных объектов различного назначения, а также гражданского строительства. Модуль «Сети» позволяет проектировать внешние инженерные сети и оформлять необходимые выходные документы. Модуль «Трассы» позволяет проектировать линейно-протяженные объекты и оформлять необходимые выходные документы. Модуль «Компас» компании АСКОН используется в вариантах для двухмерного и трехмерного проектирования. Зарубежные бесплатные программы САПР для 3D-проектирования с открытым исходным кодом: BRL-CAD, FreeCAD и др. Mineframe — российская программа для автоматизированного планирования, проектирования и сопровождения горных работ.

Далее в статье приводим опыт использование программного комплекса Mineframe для решения двух инженерных задач горнодобывающих предприятий:

1. Создание и пополнение планового и съемочного обоснования цифрового плана горных выработок;
2. Создание цифрового горно-геологического прогноза.

СОЗДАНИЕ И ПОПОЛНЕНИЕ ПЛАНОВОГО И СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ПЛАНА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Точность планового положения объектов цифрового маркшейдерского плана горных выработок с привлечением программ геоинформационных систем (ГИС) определяется требованиями [2]. Теодолитные ходы съемочных сетей опираются на пункты подземной маркшейдерской опорной сети, которая является главной картографической основой. Объектами съемки являются: все горные выработки, разведочные, гидрогеологические,

технические скважины и др., см. [2].

Инструменты для автоматизации решения инженерных задач в программе Mineframe построены на работе с каталогом маркшейдерских точек, моделями горных выработок, естественными и технологическими поверхностями. За основу принимается маркшейдерский план горных выработок, который векторизуется, проверяется с помощью контроля точности и преобразуется в цифровой (ЦП). Точечные объекты на ЦП (маркшейдерские точки, скважины и т. д.) наносятся по фактическим координатам.

Основным программным средством специалиста является «Редактор маркшейдерских точек», являющийся одним из инструментов модуля GeoTech-3D. С его помощью можно пополнять каталог маркшейдерских точек, помещая их в соответствующие группы, редактировать параметры точек, удалять их из каталога или перемещать в другие группы.

Редактор маркшейдерских точек позволяет обрабатывать файлы электронных тахеометров, добавляя полученные точки съемки в модель корректируемого объекта или в каталог. Маркшейдерские точки, находящиеся в каталоге, отображаются в окнах рабочей области GeoTech-3D и могут использоваться при решении различных инженерных задач. Экспорт результатов расчета выполняется в соответствии с предварительной настройкой, которая вызывается нажатием на кнопку «Настройка экспорта» в Excel в любом из режимов расчета. В данной настройке необходимо указать название листа, на который будут выводиться соответствующие параметры, а также названия ячеек в таблице Excel, в которые будут выведены соответствующие данные по результатам расчета.

Применение современных приборов (лазерных рулеток, электронных тахеометров, спутниковых систем позиционирования) увеличивает производительность изыскательских и проектных работ. Данные измерений координат пространственных объектов получают с помощью электронных тахеометров. Эти данные передаются в полевой компьютер, в котором с помощью специального программного обеспечения строится модель

местности, используемая для оперативно-го визуального контроля качества измерений и выявления участков, снятых недостаточно детально.

Использование GPS и электронных тахеометров позволяет получать координатные данные измерений в цифровой форме и использовать их непосредственно в среде ГИС, минуя промежуточные материалы в виде карт-материалов на бумажной основе или снимков. Хранение материалов непосредственно в цифровой форме снимает проблему создания твердых копий, использование уже отснятых границ смежных объектов при новых съемках и использование материалов съемок для применений в среде ГИС.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО «РЕДАКТОР МАРКШЕЙДЕРСКИХ ТОЧЕК»

Инструмент «Теодолитный ход» предназначен для вычисления теодолитных ходов всех типов, а именно: висячий ход; ход, опирающийся на исходный дирекционный угол; ход, опирающийся на пункты с известными координатами; ход, опирающийся на пункт с известными координатами и известный дирекционный угол. Для работы с инструментом предусмотрены несколько пунктов меню. Перемещение по таблице осуществляется с помощью клавиш со стрелками или мышью. Ввод исходных данных в таблицу можно выполнить путем интерактивного указания точек в рабочей области или в «Каталоге координат». Для ввода ошибок, учитывающихся при расчетах, необходимо выбрать команду «Ошибки».

Расчет прямой задачи производится по нескольким вариантам исходных данных: по координатам первой, второй, предпоследней и последней точек, при этом все точки имеют разные имена (разомкнутый теодолитный ход); имена первой и последней, второй и предпоследней точки, соответственно, одинаковы (замкнутый теодолитный ход). Также задаются горизонтальные углы и расстояния, начиная со второй точки и заканчивая предпоследней. Рассчитываются координаты точек теодолитного хода, а также дирекционные углы и приращения. Для расчета обратной задачи необходимо ввести точки с заданными координатами. Рассчитываются в данном случае горизонтальные и дирекционные углы, расстояния и приращения. После выполнения расчета появится диалоговое окно «Распределение невязок», в котором отображаются угловые, линейные и высотные невязки.

Для ввода координат исходных точек и результатов измерений горизонтальных углов и длин сторон необходимо в Редакторе маркшейдерских точек включить инструмент «Теодолитный ход». В меню «Настройка» выбрать команду «Ошибки» и выполнить настройку предельных погрешностей. В меню «Выполнение» выбрать команду «Решить прямую задачу» и выполнить расчет.

При выполнении команды «Решить прямую задачу» откроется диалоговое окно «Распределение невязок» (угловая, линейная и высотная). После распределения невязок выполняется расчет дирекционных углов, приращений и координат точек теодолитного хода (рис. 1). В меню «Выполнение» необходимо выбрать команду «Схема полигона» и просмотреть схему полигона.

Теодолитный ход							
Выполнение Редактирование Настройка Справка							
Имя точки	Коорд. Y(м)	Коорд. X(м)	Горизонт. углы (ГМС)	Длины стор. (м)	Дирекцион. углы (ГМС)	Приращ. dY (м)	Приращ. dX(м)
1	1160.284	2148.833	—	125.342	061°17'02"	109.926	60.223
2	1270.210	2209.056	000°00'00"		241°17'02"	0.000	0.000
3	1270.210	2209.056	—	—	061°17'02"	0.000	0.000
4	1270.210	2209.056	—	—	241°17'02"	0.000	0.000
5	1768.106	2119.270	—	608.541	272°47'04"	-607.823	29.563
1	1160.284	2148.833	—				

Рис. 1. Теодолитный ход — решение задачи

Редактор маркшейдерских точек позволяет произвести расчет и уравнивание теодолитного хода с формированием журнала и схемы хода, решение прямой и обратной геодезической задачи. Расчет и уравнивание нивелирных ходов. Обработка результатов тахеометрической съемки. Корректировка на ее основе моделей естественных и технологических поверхностей, включая карьеры и штабели горной массы. Возможность построения подземных выработок по тахеометрической съемке. Инструмент по формированию пикетажа и выводу его на печать. Построение профилей по линии с выводом результатов профилирования на печать. Построение профилей подземных выработок с выводом результатов профилирования на печать. Определение объемов полезного ископаемого и вскрышных пород между двумя положениями карьера методом объемной палетки и методом разрезов. Расчет объема за календарный период с возможностью выбора выработки за указанный календарный период.

Построение модели выработанного пространства при ведении открытых и подземных горных работ. Импорт данных, полученных с электронных тахеометров, в форматах — Nikon (RAW), Leica (GRE), Topcon (GTS7), Trimble (Rec500), YOM3 (3Ta5), Geodimeter (JOB, GDT), Sokkia (SDR). Импорт координат (X, Y, Z) точек из текстовых файлов в произвольных форматах, настраиваемых пользователем.

Интерактивное создание моделей подземных горных выработок на основе векторизованных маркшейдерских планшетов. Моделирование проходки подземных горных выработок на основе данных маркшейдерской съемки. Построение моделей подземных горных выработок по тахеометрической съемке. Визуализация результатов проходки горных выработок за любой период. Корректировка формы сечений подземных горных выработок, присвоение признака того или иного типа крепления. В результате получается цифровой план горных выработок, см. рис. 2.

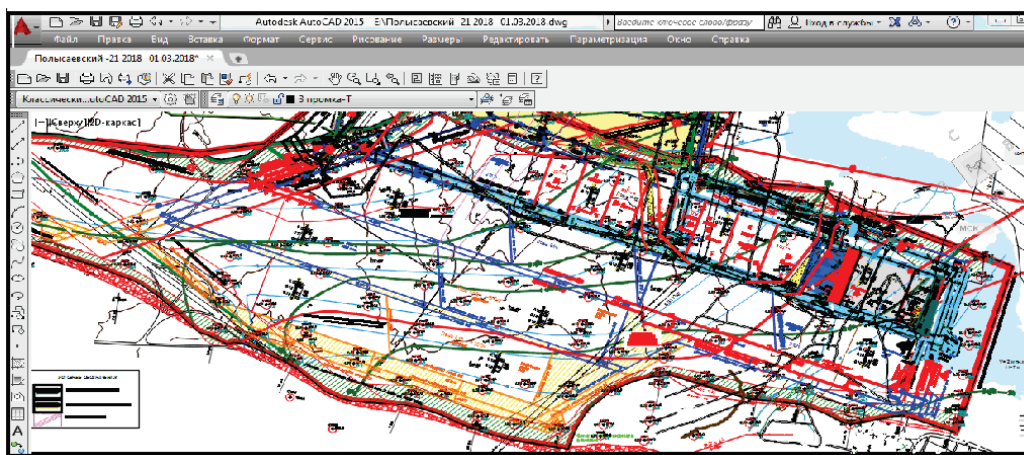


Рис. 2. Цифровой план горных выработок пл. Полысаевский-2, шахта им. А.Д. Рубана

Компьютерная обработка исходной информации о плановых и высотных пунктах поможет с принятием решений по оценке точности плана и методах его доработки. Таким образом, система Mineframe представляет собой информационную технологию инженерного обеспечения горных работ, позволяющую на основе применения специализированных программных продуктов повысить производительность труда специали-

стов, исключить дублирование информации и создать условия для повышения эффективности технологических решений.

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА

В документе «Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. РД 07-408-

01» указывается, что геолого-маркшейдерским службам необходимо выполнять задачи по определению и своевременному нанесению на горно-графическую документацию опасных зон, зон повышенного горного давления и ряд других задач, связанных с прогнозированием. Горно-геологический прогноз является основой технических документов, разрабатываемых в соответствии с проектами строительства и реконструкции предприятий. При подземном способе разработки горно-геологический прогноз является составной частью (разделом) «Паспорта выемочного участка, проведения и крепления горных выработок». Прогноз горно-геологических условий разработки угольных пластов представляет собой комплекс информации о геологическом строении и свойствах массива горных пород [4]. Фактическую геологическую информацию в скважинах и прогнозную в межскважинном пространстве по выемочному столбу и прилегающим площадям наносят на план горных работ для каждой лавы. Порядок прогнозирования изложен в документе «Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации» [5]. Однако по истечению лет многое изменилось. Внедрение длиннозабойных систем разработки, применение высокопроизводительного оборудования для очистных работ приводит к более высокой скорости подвигания лавы и изменению параметров геомеханических процессов и как следствие к разработке новых технологических расчетов и решений. Появились новые математические методы и информационные технологии, которые можно использовать для прогнозирования горно-геологических условий разработки [6, 7].

Массивы горных пород характеризуются показателями геологических условий (форма, строение угольного пласта, нарушенность пласта, устойчивость и обрушаемость вмещающих пород и др.) и показателями геомеханического состояния (действующие силы, напряжения и деформации гравитационного, тектонического и техногенного происхождения и др.) [8]. Особенностью массива горных пород является его неоднородность

и изменчивость, поэтому точное значение показателя определяется только в точке замера в скважинах, а для межскважинного пространства выполняется прогноз горно-геологических условий. Для решения задач геоанализа и прогнозирования геологических условий производятся построения «пространственных полей», для которых независимыми переменными являются координаты, а зависимыми — отдельные значения анализируемых показателей [9].

Нами разработан метод прогнозирования горно-геологических условий с использованием цифрового маркшейдерского плана (ГИС-проект), который может быть реализован с применением одной из выбранных геоинформационных систем (MicroMine, Surpac, MapInfo, Mineframe) [10].

В данной статье приводим результаты ГИС-проекта по прогнозированию геологических условий пласта Полысаевский-2, шахты им. А.Д. Рубана с использованием программы Mineframe.

ПОДГОТОВКА И ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Современные пространственные данные (геоданные), выделяемые для решения практических задач, получают из различных источников. В результате обработки и анализа этих данных создают цифровое пространственное представление объектов и систем разных предметных областей — это растровые изображения, векторные карты и векторные планы (далее — цифровые планы — ЦП), цифровые модели рельефа (ЦМР).

Базовой основой ГИС-проекта пласта Полысаевский-2 для прогнозирования является векторный цифровой план горных выработок, созданный на шахте, и программно связанные с ним табличные данные о свойствах горного массива по разведочным скважинам периода геологоразведки. Открываем модуль программы Mineframe программу Geotech-3D. Во вкладке «Сервис» выбираем «Настройки». В появившемся окне выбираем вкладку «Базы данных». Указываем путь к базам дан-

ных: в строке «Технологическая» для БД моделей, в строке «Геологическая» для БД опробования. Нажимаем «Применить».

Создаем проект. Во вкладке «Проект» нажимаем «Создать». В открывшемся окне жмем «Создать проект». Вводим название проекта. Появится окно «Параметры проекта». С помощью инструмента «Выбрать объект» выберите ЦП по пласту Полысаевский-2. Далее вкладка «Действие» «Импорт из файла». Выбрать тип файла, открыть нужный файл. В появившемся окне задать поля с координатами, выбрать тип координат «Рудничные»,

выбрать «Новый контур», нажать «Далее». В следующем окне выбрать «Не группировать», убрать галочку с «Отображать в виде полилиний», в самой нижней строке ввести название элемента, нажать «Готово». Выбираем тип таблицы «Скважины». Сопоставляем поля таблицы с полями Geotools. Нажимаем «Импорт», выбираем «Нет», закрываем окно. Нажимаем «Сохранить БД». Открываем Geotech-3D. Включаем объект «Опробование». На рис. 3 каждая строка таблицы результатов о свойствах массива в данной точке программно связана с разведочной скважиной на плане.

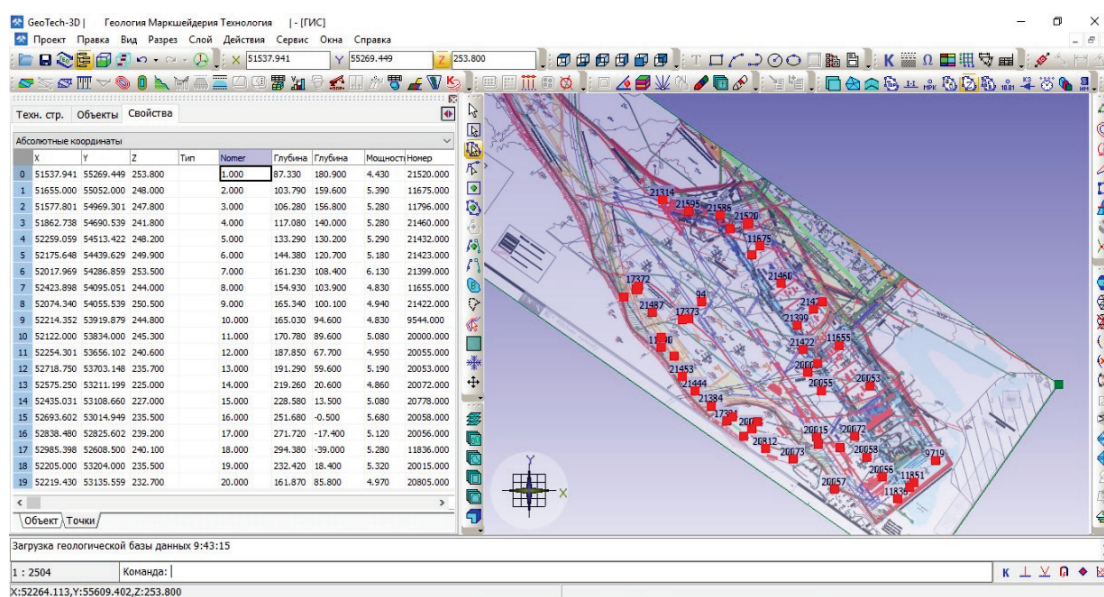


Рис. 3. Вынесение скважин на ЦП пл. Полысаевский-2, шахта им. А.Д. Рубана

ПОСТРОЕНИЕ БЛОЧНОЙ МОДЕЛИ

Блочные модели используются для моделирования изменчивости геомеханических показателей и иных характеристик полезного ископаемого. Закрываем объект «Поверхность». Создаем новую поверхность с помощью кнопки «Создать твердотельный объект». Создаем сечение. Нажимаем на сечение с помощью кнопки «Выбрать объект». Импортируем точки из таблицы Excel, в этот раз координату Z берем из колонки «Отметка подсечения пласта». Отстраиваем каркас, в окне построения каркаса выбираем «триангуляция облака точек».

В появившемся окне вкладка «Настройки» выбираем «По объекту», нажимаем «Выполнить». Программа Mineframe выполняет создание трехмерных векторных, каркасных и блочных моделей на основе векторизованных маркшейдерских планшетов, см. рис 4. Программа имеет редактор типов линий и штриховок, шаблонов чертежей, штампов, символов. Импорт координат из текстовых файлов в произвольных форматах, настраиваемых пользователем. Импорт данных из файлов в форматах TXT, KDR, GTM, DXF BMP, JPG, импорт данных, полученных с электронных тахеометров.

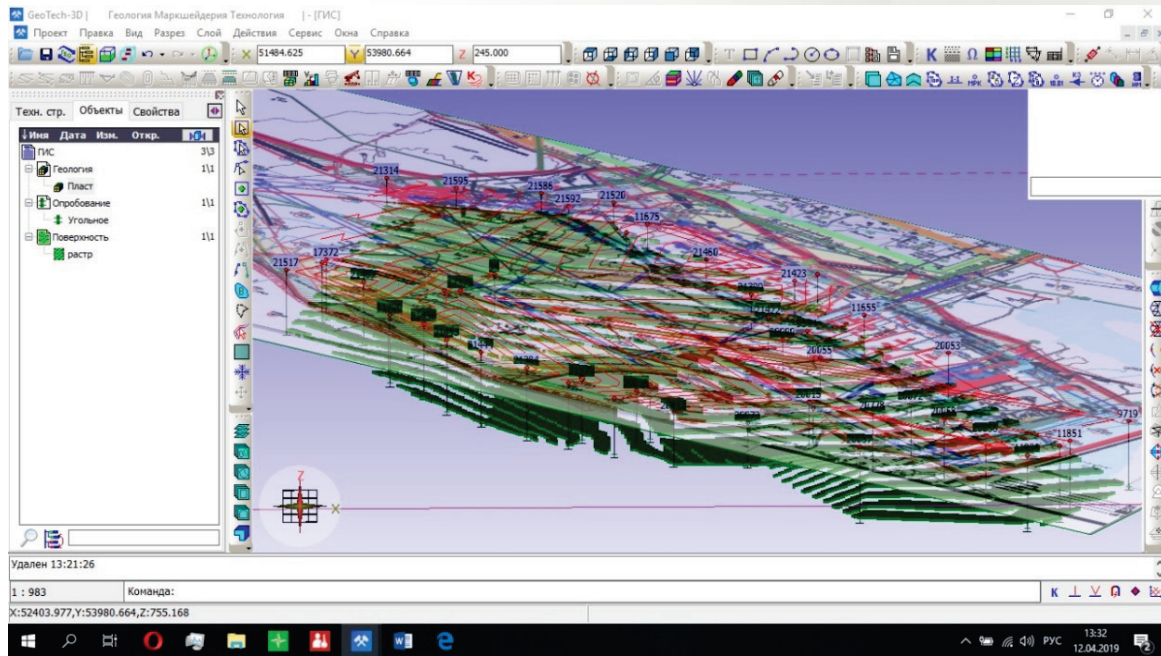


Рис. 4. Поверхность и блочная модель пласта Польшаевский-2

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Цифровая модель массива горных пород, состоит из комплекта матриц показателей [10]. В разработанном методе базовым типом объектов для изображения геополей является ячейка (регулярная ячейка) — 2-мерный объект, элемент разбиения поверхности линиями регулярной сетки из блочной модели пласта. За упорядоченную форму хранения и представления информации принят регулярно-ячеистый принцип организации данных. Схемы генерации координатно-привязанных данных по дискретным точкам скважин в непрерывные поля геологических характеристик реализованы в Mineframe при создании блочной модели. Процесс создания сетки из ячеек заключается в том, что значения показателя из точки замера с помощью интерполирования передаются в узлы квадратной сетки и хранятся в виде матриц, образуя модели типа GRID. Для пространственной интерполяции данных опробования GeoTech-3D содержит программные средства, реализующие как простые алгоритмы типа обратных квадратичных расстояний, так и сложные, основанные на геостатистических методах исследования закономерностей изменчивости и

применения процедуры кригинга. Созданные таким способом модели описывают изменчивость тех или иных его характеристик.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ ПЛАНОВ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Создание методов прогнозирования горно-геологических условий работы с привлечением ГИС позволяет производить вычисление интегральных характеристик горно-геологических условий, поиск опасных зон, деление площади пласта на однородные блоки по каждому показателю и определение значения показателя в любой точке плана и по любому направлению.

Цифровая база геоданных является описанием геомеханических свойств массива и используется для отображения этих свойств на планах. Все атрибутивные признаки массива разбиты на функциональные блоки: наименование признака; количественные характеристики; качественные характеристики; характеристики функциональных связей. Группировка информации по блокам обусловлена спецификой отношений признаков, т. к. внутри блоков связи признаков теснее, чем с признаками других блоков.

Созданные матрицы импортируются в ГИС в виде отдельных слоев с названиями «Матрица-1», «Матрица-2» и др. Эти матрицы отражают соответствующие цифровые модели. Выбранная таблица помещается в окне рабочего стола в виде карты, к которой добавляется новый слой «Матрица-1». Данный слой характеризуется новой таблицей, ее структурой, именем и полями списковых данных и отражает информацию по цифровой модели массива горных пород. Следующим шагом является введение соответствующих данных о столбцах в атрибутивную таблицу: «Номер строки» — столбец А; «Координаты» — X-B; Y-C; «Высотная отметка кровли» — D; «Мощность пласта» — E; и др. Далее в таблице «Матрица-1» заполняются строки, каждая из которых соответствует ячейке на плане.

На основе БД с присоединенными графическими объектами в виде плана горных выработок и сетки ячеек геологических показателей создаются прогнозные планы геологических условий, где площадные объекты выделены графическими средствами в зависимости от сопоставленных им значений. К

графическим средствам относятся: раскраска, штриховка, виды символов и такие методы представления как графики и диаграммы.

База данных в ГИС состоит из графических и атрибутивных таблиц, жестко связанных между собой. Для их обработки в ГИС используются встроенные системы управления. Размеры ячеек для базы устанавливаются одинаковыми для всех показателей с целью их последующего объединения в единую матрицу. Пространственный анализ полученных результатов производится на основе таблиц выборки с присоединенными графическими объектами с помощью стандартных средств ГИС.

Таким образом, разработанный метод позволяет произвести анализ и моделирование свойств горного массива, построить прогнозные цифровые планы, совместить их с цифровым маркшейдерским планом горных выработок, выполнить нанесение на планы опасных зон и произвести оценку вариантов проектов по выбору параметров подготовительных и очистных забоев.

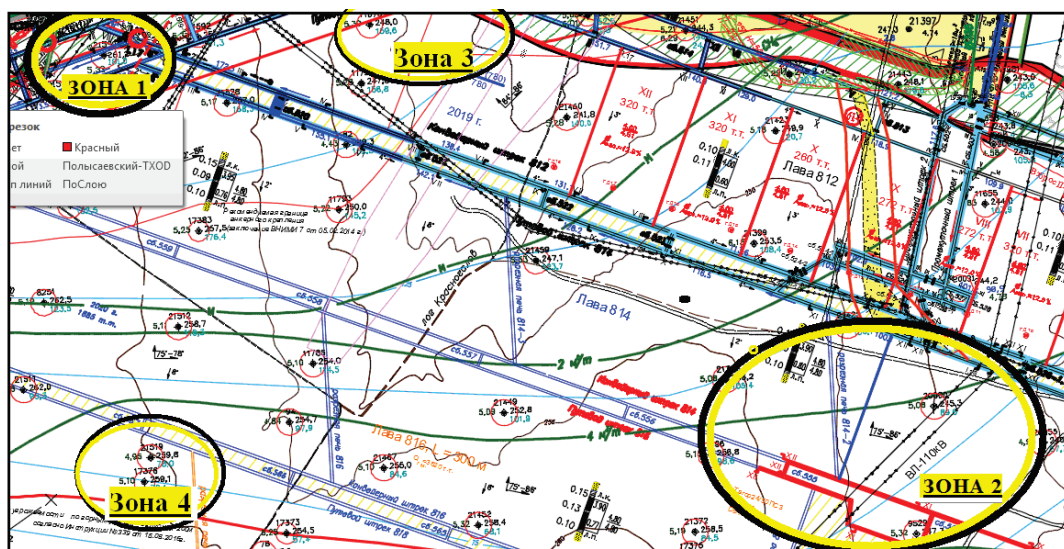


Рис. 5. Участок пласта «Полысаевский-2» на плане горных работ с прогнозируемыми зонами аномалий

На рис. 5 на плане горных работ показан участок пласта с четырьмя аномальными зонами. Аномальные зоны № 1 и № 2 — это антиклинальные флексуры, которые на 25 метров отклоняются от аналитической поверхности; в этих зонах интенсивность трещиновато-

сти угольного пласта в два раза выше, чем на остальной площади пласта. Аномальные зоны № 3 и № 4 — это синклинальные флексуры, которые на 20 метров отклоняются от аналитической поверхности.

РЕДАКТИРОВАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЛЯ ВЫВОДА НА ПЕЧАТЬ

Редактирование готовой документации в программе Mineframe заключается в изменении свойств текста и линий. Поскольку графическая документация составляется в масштабе 1:1000, а оформляется в меньших масштабах, высоту текста необходимо выбирать из ряда, предложенного ГОСТом и увеличивать кратно масштабу, используемому при оформлении. Оформление линий и штриховок проводится в соответствии с условными обозначениями, указанными ГОСТами. Для линий изменяются тип, цвет, толщина, масштаб типа линий. Проводится компоновка текста и других элементов для наиболее удобного чтения изображения.

Следующим видом работ являлась работа с функциями 3D. К этим работам относился перевод 2D-объектов в 3D и непосредственно работа с 3D-объектами. Оформление проводится во вкладке «Лист», что дает гораздо больше возможностей по сравнению с работой в «Модели». Для всех листов в окне «Параметры листа» выбирается принтер/плоттер «DWG to PDF», что означает, что при печати листы будут конвертированы в формат *.pdf. Формат листа выбирается в зависимости от размеров чертежа из линейки форматов чертежей по ГОСТу.

Для расположения объектов на листе используется команда «Видовой экран», которая дает возможность начертить видовой экран — область отображения с вкладки «Модель» любой конфигурации. Для каждого видового экрана можно выбрать масштаб отображения объектов внутри него и выполнить обрезку ненужных частей чертежа. Данный способ вывода на печать удобен возможностью изменения масштаба и расположения различных частей чертежа без изменения исходных объектов.

ВЫВОД

Таким образом, применяемая технология Mineframe содержит возможности использования табличных процессоров, систем управления базами данных, прикладного программирования, формирования информационных систем и тиражирования твердых копий цифровых планов. Это позволяет собрать все сведения о горном массиве в графические и тематические базы данных, соединить их с модельными и расчетными функциями для преобразования их в пространственную информацию и визуализировать на маркшейдерском цифровом плане. Mineframe представляет собой информационную технологию инженерного обеспечения горных работ, позволяющую на основе использования трехмерной компьютерной графики, многопользовательского режима работы с удаленными БД и применения специализированных программных продуктов повысить производительность труда специалистов, исключить дублирование информации и создать условия для повышения эффективности технологических решений. Система создавалась с учетом специфики российских горных предприятий и требований, основанных на отечественных стандартах. Основными преимуществами системы являются высокая функциональная насыщенность специализированных инструментов, возможность создания единой информационной среды, относительно невысокая стоимость внедрения и сопровождения системы.

Выполненные работы послужили основой для разработки и отладки методики построения цифровой тектонофизической модели горного массива с использованием программы Mineframe, которая позволит производить реконструкцию полей напряжений, чтобы обеспечить выполнение комплексного прогноза горно-геологических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 07-408-01. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
2. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). М.: ФГУП Государственное предприятие НТЦ по безопасности в промышленности ГГТН России, 2004. 120 с.
3. Межгосударственный стандарт. Горная графическая документация. Изображение элементов горных объектов. М.: ВНИИНМАШ, 1980. 15 с.
4. Гагарин А.А., Игнатов Ю.М., Роут Г.Н. Совершенствование методики создания цифрового плана горных выработок и методов прогноза горно-геологических условий // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Материалы Международной научно-практической конференции Сибресурс-2016. Кемерово, 2016. 6 с.
5. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации. СПб, 1993. 147 с.
6. Гагарин А.А., Игнатов Ю.М., Роут Г.Н., Латагуз М.М. Анализ маркшейдерских цифровых планов для последующего включения их в геоинформационную систему // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 1. С. 45–52.
7. Игнатов Ю.М. Совместное использование горно-геометрических данных и цифрового маркшейдерского плана в геоинформационной системе для поиска опасных зон // Вестник Кузбасского технического университета. 2010. № 1. С. 139–143.
8. Зыков В.С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. Кемерово, 2010. 334 с.
9. Batugin A., Myaskov A., Ignatov Y., Khotchenkov E. and Krasnoshtanov D. 2018 Re-using of data on rockbursts for up-to-date research of the geodynamic safety problem IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science (vol. 1) 221. doi:10.1088/17551315/221/1/012089.
10. Игнатов Ю.М., Гагарин А.А., Роут Г.Н., Латагуз М.М. Применение компьютерного моделирования месторождения для снижения травматизма на шахтах // Вестник НЦ ВостНИИ. 2018. № 1. С. 72–79.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.13.84.001

UDC 622.1:744:004.92

© Yu.M. Ignatov, A.A. Gagarin, G.N. Rout, M.Yu. Ignatov, 2020

Yu.M. IGNATOV

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo
e-mail: mnoc@mail.ru

A.A. GAGARIN

Chief surveyor
SUEK, Leninsk-Kuznetsk
e-mail: gagarinaa@suek.ru

G.N. ROUT

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo
e-mail: rgn23.12.47@gmail.com

M.Yu. IGNATOV

Engineer

«Main Construction Department of Kuzbass», Kemerovo

e-mail: ignatov1980@mail.ru

EXPERIENCE IN USING DIGITAL GRAPHICS DOCUMENTATION TO SOLVE ENGINEERING PROBLEMS USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

The article presents the results of using digital graphic documentation used to solve the engineering problems of SUEK mining enterprises using the Mineframe program. Methods of automated processing of instrumental surveys, replenishment of planned and survey substantiation of the digital plan of mine workings, issue of drawings complying with the current Russian standards of documents execution are presented.

A method of creating a digital mining and geological forecast has been developed, which allows you to place information about the mountain range in graphic and thematic databases, connect them with model and calculation functions for conversion into spatial information and visualize it on a surveyor's digital plan.

Thus, the Mineframe program is an information technology for mining engineering, which allows, using software products, to increase the productivity of specialists, eliminate duplication of information and create conditions for improving industrial safety and the efficiency of technological solutions.

Keywords: MARKSCHADER DIGITAL PLAN, GEOINFORMATION SYSTEM, COMPUTER FORECASTING.

REFERENCES

1. RD 07-408-01. Regulations on Geological and Marketing Assurance of Industrial Safety and Subsoil Protection. Access from the Techexpert legal system. [In Russ.].
2. Subsoil protection and geological and marketing control. Marketing Instructions (RD 07-603-03). M.: FSUE State Enterprise STC for Safety in Industry of the State Technical University of Russia, 2004. 120 p. [In Russ.].
3. Interstate standard. Mining graphic documentation. Displays elements of mountain objects. M.: VNIINMASH, 1980. 15 p. [In Russ.].
4. Gagarin A.A., Ignatov Yu.M., Rout G.N. Improvement of the methodology for creating a digital mining plan and methods for forecasting mining and geological conditions // Natural and intellectual resources of Siberia. Materials of the International Scientific and Practical Conference Sibresurs-2016 [Prirodnyye i intellektualnyye resursy Sibiri. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Sibresurs-2016]. Kemerovo, 2016. 6 p. [In Russ.].
5. Instructions on geological works at coal fields of the Russian Federation. St. Petersburg, 1993. 147 p. [In Russ.].
6. Gagarin A.A., Ignatov Yu.M., Rout G.N., Lataguz M.M. Analysis of marketing digital plans for subsequent inclusion in the geographic information system // Bulletin of Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2017. No. 1. P. 45–52. [In Russ.].
7. Ignatov Y.M. Joint use of mining and geometric data and digital marketing plan in the geographic information system for the search of hazardous areas // Bulletin of Kuzbass Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2010. No. 1. P. 139–143. [In Russ.].
8. Zykov V.S. Sudden emissions of coal and gas and other gas-dynamic phenomena in mines. Kemerovo, 2010. 334 p. [In Russ.].
9. Batugin A., Myaskov A., Ignatov Y., Khotchenkov E. and Krasnoshtanov D. 2018 Re-using of data on rockbursts for up-to-date research of the geodynamic safety problem IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science (vol. 1) 221. doi:10.1088/17551315/221/1/012089.
10. Ignatov Yu.M., Gagarin A.A., Rout G.N., Lataguz M.M. Application of computer modeling of the field to reduce injuries at mines // Bulletin of Scientific Center of VostNII [Vestnik NTS VostNII]. 2018. No. 1. P. 72–79. [In Russ.].