

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.142.5:004.9

Т. Б. Рогова, С. В. Шаклеин

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ДОСТОВЕРНОСТИ ЗАПАСОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Действующая отечественная классификация запасов [1], а также разрабатываемый «Российский Кодекс публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых», относящийся к кодексам семейства CRIRSCO, предполагают необходимость использования при оценке запасов специальных количественных методов.

В связи с этим авторами в содружестве с группой работников ФГУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ГКЗ) были разработаны «Методические рекомендации по проведению количественной оценки степени соответствия геологических моделей месторождения угля его истинному состоянию» [2].

Данные рекомендации прошли соответствующее рассмотрение и даны к практическому применению экспертно-техническим советом ФГУ «ГКЗ» (протокол от 22.05.2007) и признаны в качестве официального нормативно-методического документа, рекомендованного «Обществом экспертов России по недропользованию» (протокол экспертно-технического совета ОЭРН от 12.05.2011). Здесь рассмотрена специфика количественной оценки достоверности запасов действующих угледобывающих предприятий с использованием технологии мониторинга достоверности запасов.

Мониторинг достоверности запасов, выполняемый на участке месторождения, предполагает следующие этапы, обеспечивающие установление значений коэффициентов пропорциональности между степенью неоднозначности горно-геометрической модели и ее погрешностью по уровню, которой и классифицируются запасы (рис. 1).

Основные этапы мониторинга -

I. Подготовка геологоразведочной информации по планам подсчета запасов и геологическим разрезам.

К числу исходных данных относятся:

- номер скважины;
- плоские геодезические координаты точек плаstopодсечения (X, Y, m)
- высотная отметка пласта в точке плаstopодсечения (Z, m);
- дирекционный угол направления линии падения пласта в точке замера (A , градус);
- угол падения пласта в точке замера ($\delta, ^\circ$);
- данные о значениях признаков, характери-

зующих форму, условия залегания и качественные свойства пласта (p_n , например, мощность угольных пачек m_n , зольность пачек A_n , и т. п.).

II. Квадриангулирование разведочной сети (разбиение на оценочные четырехугольные блоки с вершинами – разведочными скважинами) и расчет критериев разведанности гипсометрии (λ) и принятых к оценке геометризиремых признаков (Δ_i).

III. Накопление по мере отработки пласта информации по данным горных работ:

К числу исходных данных относятся:

- номер замера в горной выработке;
- плоские геодезические координаты точек измерения (X, Y, m);
- высотная отметка пласта в точке замера (Z, m);
- данные о значениях признаков, по которым построены горно-геометрические модели.

IV. Расчет фактических погрешностей (R_F) моделей гипсометрии и признаков путем сравнения данных геологоразведочных и горных работ в оценочных блоках (при отработке участка пласта площадью в 20 и более оценочных блоков).

V. Корректировка коэффициентов перехода (K_g, K_p) от критериев разведанности (λ, Δ) к погрешностям моделей (R).

VI. Построение картограмм разведанности горно-геометрических моделей признаков.

Для автоматизации работ по мониторингу достоверности запасов разработано специальное программное обеспечение, реализующее разработанные авторами алгоритмы, – программа «MDZ», правомочность применения которой подтверждена протоколами экспертно-технических советов ФГУ «ГКЗ» и ОЭРН.

Данная программа обеспечивает выполнение работ по оценке достоверности запасов как при отсутствии, так и при наличии горных работ (в режиме мониторинга) и имеет дружественный интерфейс, ориентированный на непрофессионального пользователя.

При старте программы пользователю предлагается основное меню, состоящее из 7 режимов: «Данные»; «Расчет критериев»; «Адаптация»; «Установки»; «Сервис»; «Информация»; «Выход».

Работа программы начинается с режима «Установки», где указываются наименования рас-

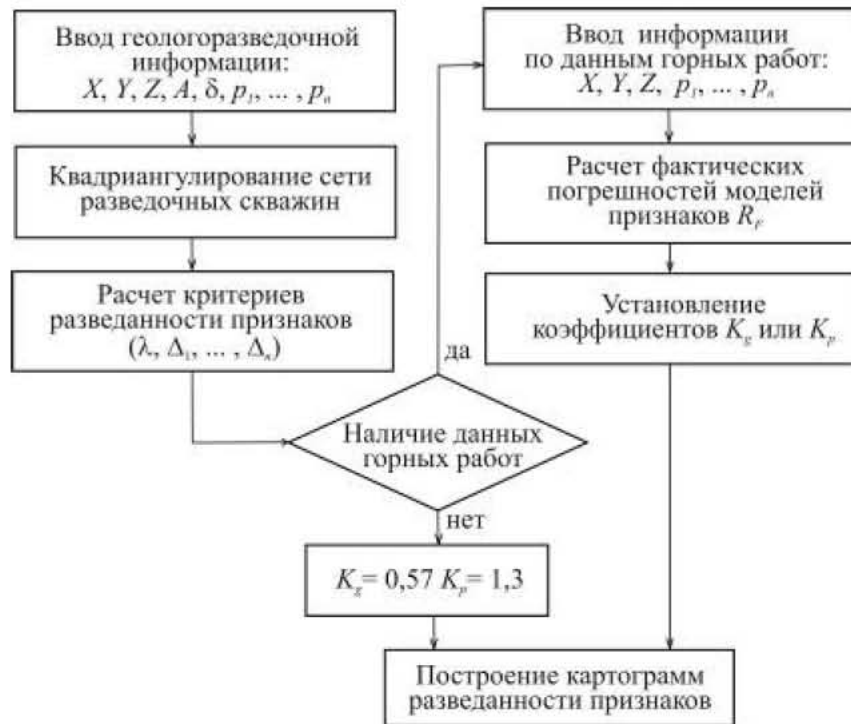


Рис. 1. Общая схема порядка ведения мониторинга достоверности запасов

смагиваемых признаков (обязательный признак «гипсометрия» и 8 дополнительных признаков, горно-геометрические модели которых могут оцениваться), число отображаемых знаков в их значениях, предельные значения погрешностей для различных категорий запасов, а также коэффициенты перехода от критериев разведанности к погрешностям. Для всех дополнительных признаков, достоверность моделей которых оценивается с помощью дельта-критериев разведанности, указывается вид используемого для классификации критерия: относительный или абсолютный. Здесь же выбирается уровень надежности оценок (0,68 или 0,80).

Режим «Данные» имеет два подрежима: «Данные геологоразведки» и «Данные горных работ», которые обеспечивают, соответственно, ввод данных по геологоразведочным скважинам и по дан-

ным замерам в горных выработках. Данные горных работ используются только при выполнении оценки достоверности в режиме мониторинга. Ввод данных соответствует общим правилам и настройкам Windows.

Для расчета критериев разведанности используется режим «Расчет критериев» основного меню. Данный режим состоит из двух подрежимов: «Выбор признака» и «Оценка геологоразведки».

После выбора признака запускается подрежим «Оценка геологоразведки». При старте подрежима на панели в масштабе показывается положение точек плаstopодсечений. Пользователь имеет возможность подписать номера, увеличить или уменьшить изображение.

Разделение сети на систему выпуклых четырехугольников с вершинами – точками плаstop-

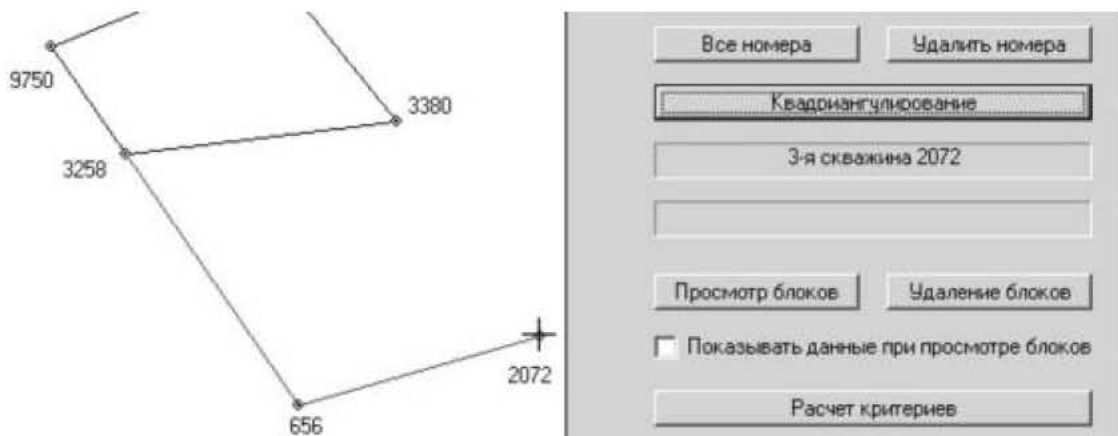


Рис. 2. Фрагмент панели подрежима «Оценка геологоразведки» при выполнении квадриангулирования

подсечений выполняется интерактивно в режиме «Квадриангулирование». Для этого пользователь должен указать маркером мыши первую скважину четырехугольника и нажать левую клавишу мыши (в качестве первой скважины может приниматься любая скважина сети). Затем, обходя четырехугольник по или против направления движения часовой стрелки, пользователь нажатием левой

клавиши мыши выбирает вторую, третью (как на рис. 2) и четвертую скважины четырехугольника.

Управление режимом «Квадриангулирование» осуществляется кнопками панели. Кнопка «Просмотр блоков» обеспечивает возможность удаления любого из ранее выделенных четырехугольников. Нажатие кнопки «Удаление блоков» приводит к удалению всех ранее выделенных блоков.

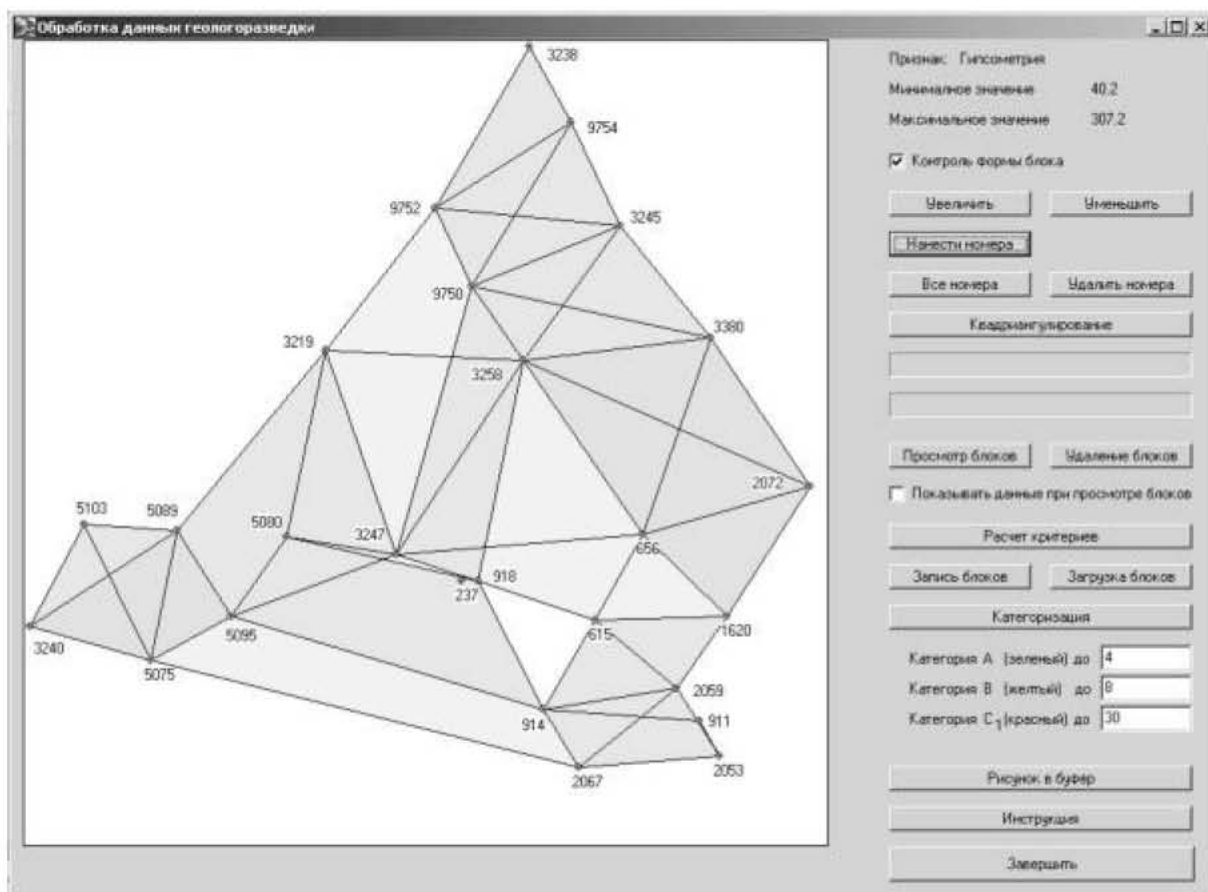


Рис. 3. Панель построения картограммы разведанности

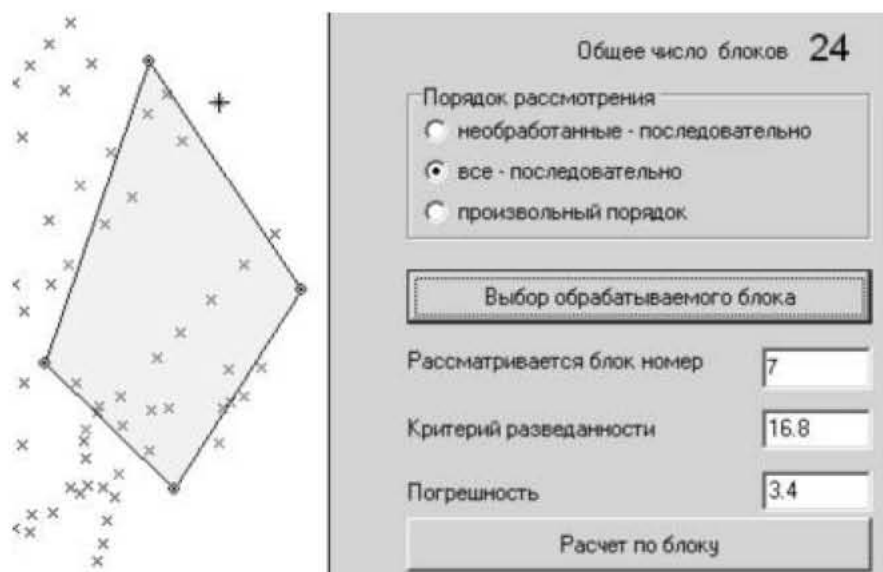


Рис. 4. Фрагмент панели подрежима «Коэффициенты перехода» в режиме выбора относящихся к блоку замеров в горных выработках

После завершения квадратулирования осуществляется расчет критериев разведанности. Для этого нажимается кнопка «Расчет критериев», и на экране появляется панель результата расчета критериев (при оценке гипсометрии используются ламбда-критерии, при оценке остальных признаков – дельта-критерии) в табличной форме.

Таблица расчета содержит колонки с порядковым номером оценочного четырехугольного блока, номера скважин – его вершин, значения критериев разведанности (для гипсометрии ламбда-критериев, в вертикальном и в нормальном пласту направлении, для остальных признаков – абсолютный и относительный дельта-критерии), ожидаемая погрешность модели, площадь проекции оценочного блока в тысячах квадратных метрах и рекомендуемая категория запасов.

Погрешность модели гипсометрии выражается только в метрах, моделей остальных признаков в абсолютных или в относительных единицах (в зависимости от размерности, указанной пользователем в режиме

При «нажатии» кнопки «Категоризация» выполняется построение картограммы разведанности, квадратулированная часть сети скважин окрашивается соответствующими различным категориям запасов цветами в зависимости от величины ожидаемых погрешностей (рис. 3).

Построение картограммы разведанности является итоговой процедурой оценки достоверности запасов, выполняемой как на основе геологоразведки, так и в режиме мониторинга.

Для реализации предусмотренной мониторингом процедуры корректировки коэффициентов пересчета критериев разведанности в погрешности признаков используется режим «Адаптация». Собственно установление коэффициентов пересчета критериев разведанности в погрешности признаков (ранее упомянутых коэффициентов K_g и K_p) осуществляется в подрежиме «Коэффициенты перехода».

При старте режима появляется панель, на которой показывается положение плаstopодсечений (в виде окружностей) и замеров в горных выработках (в форме «косых» крестов). В верхней части панели указывается наименование признака.

Первая задача работы в подрежиме «Коэффициент перехода» состоит в определении истинной погрешности горно-геометрической модели в пределах контура оценочного четырехугольного блока. Она решается путем расчета среднеквадратического отклонения данных горных и геологоразведочных работ в точках замеров, относящихся к рассматриваемому оценочному блоку.

Предусмотрено три варианта порядка рассмотрения оценочных блоков, устанавливаемых с помощью переключателей: «Все последовательно», «Необработанные – последовательно» «Произвольный порядок».

Контур выбранного блока показывается на графической части панели, его номер и значение критерия разведанности указываются в окнах, расположенных под кнопкой «Выбор обрабатываемого блока» (рис. 4).

Результаты расчета по блоку № 7 (2072 - 1620 - 656 - 3380), критерий: 16.8

Признак Гипсометрия

Замер	Данные разведки	Данные разработки	Разность - d	(d - C)	(d - C) ²
341	204.8	197.3	7.5	7.5	56.25
342	203.3	202.0	1.3	1.3	1.69
343	195.0	193.8	1.2	1.2	1.44
229	168.3	168.2	0.1	0.1	0.01
339	211.3	211.1	0.2	0.2	0.04
340	208.4	207.8	0.6	0.6	0.36
344	213.8	213.9	-0.1	-0.1	0.01
286	214.2	211.7	2.5	2.5	6.25
195	119.2	119.6	-0.4	-0.4	0.16
291	245.8	224.3	21.5	11.5	132.25
345	189.6	189.1	0.5	0.5	0.25
Сумма	5081.9	5041.3	40.6	40.0	298.92
Среднее	195.5	193.9	1.5	1.5	11.5
Среднеквадратич.					3.4

Систематическая погрешность (C): отсутствует

Игнорировать сопоставление 291
Сохранить сопоставление

Передать в Excel Вернуться Не принимать в обработку Принять для обработки

Рис. 5. Фрагмент панели подрежима «Коэффициенты перехода» в режиме выбора расчета погрешности по блоку

Замеры внутри блока принимаются для оценки погрешности, указанной в специальном окне. Признаком учета замера является красный цвет его условного обозначения. При необходимости пользователь, устанавливая курсор мыши на замер и нажимая ее левую клавишу, может выбрать дополнительные, окружающие блок замеры, которые будут учтены при расчете погрешности (при этом цвет их знака меняется на красный).

Повторный выбор замера приводит к его исключению из расчетов (цвет условного знака сменится на черный). Целесообразность исключения замера, находящегося внутри контура оценочного четырехугольника, может быть вызвана необходимостью обеспечения равномерности размещения замеров по его площади.

Включение и исключение каждого замера из обработки сопровождается выполнением расчета среднеквадратической погрешности.

После завершения выбора замеров «нажимается» кнопка «Расчет по блоку» - на экране возникает панель расчета (рис. 5). На панели указываются номер блока, наименование его вершин (скважин), значение критерия разведанности, имя

обрабатываемого признака и величина учетной при расчетах систематической погрешности.

В находящейся на панели таблице указаны номера использованных замеров в горных выработках, значения признака в них и результаты промежуточных расчетов. В качестве указанной в последней строке таблицы погрешности горногеометрической модели принимается среднеквадратическая разность значений признака по данным горных и геологоразведочных работ в замерах, отнесенных к оценочному блоку.

Приведенные в таблице результаты сопоставлений рекомендуется анализировать на предмет выявления ошибочных и нехарактерных результатов, появление которых связано с использованием в качестве замеров точек маркшейдерской сети не всегда однотипно расположенных по отношению к пласту: например, в кровли и на почве.

При необходимости удаление замера из обработки может быть осуществлено непосредственно из таблицы. Для этого ячейка, подлежащая удалению, выделяется (например, ячейка замера 291 на рис. 5), нажимается правая кнопка мыши - на экране появляется контекстное меню, содержащее

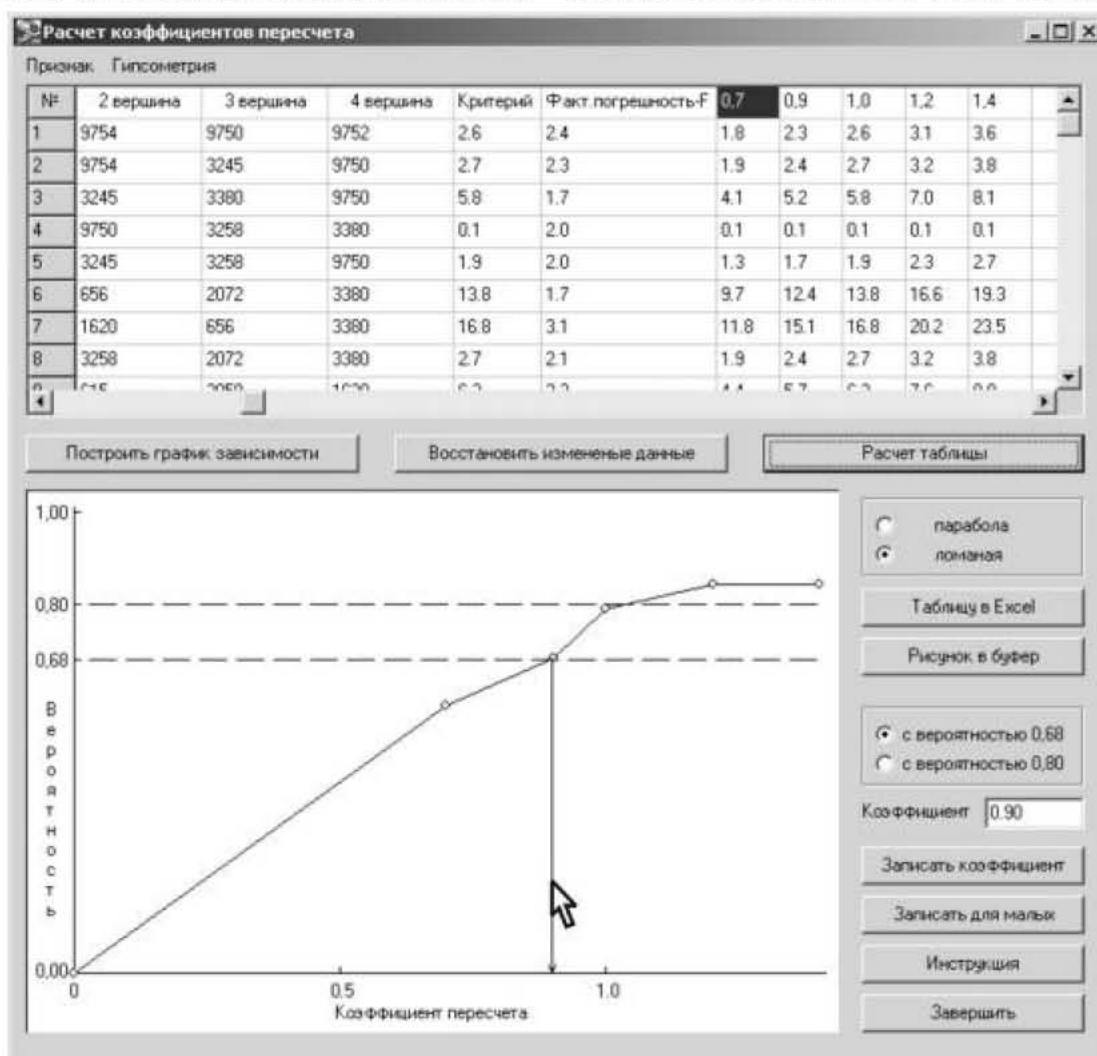


Рис. 6. Панель подрежима «Расчет коэффициентов пересчета» при установлении величины коэффициентов пересчета критериев в погрешности

предложение по удалению замера, после чего сопоставление может быть игнорировано (удалено).

Если пользователь удовлетворен результатами расчета, то нажимается кнопка «Принять для обработки», и результаты будут сохранены для дальнейшего использования. В противном случае «нажимается» кнопка «Не принимать в обработку», либо кнопка «Вернуться» (возврат к выбору замеров, относящихся к рассматриваемому блоку). «Нажатие» любой из трех перечисленных кнопок закрывает панель обработки.

Нажатие кнопки «Выбор обрабатываемого блока» приведет к рассмотрению следующего оценочного четырехугольника. По завершению обработки группы блоков (в том числе и при перерыве в работе) результаты можно сохранить в файле.

После завершения обработки блоков нажатием кнопки «Обработка результатов» переходят собственно к расчету коэффициентов K_g или K_p .

При старте подрежима появляется панель, в таблице которой приведены критерии разведанности и фактические погрешности признака по оценочным блокам (рис. 6).

Для поиска оптимального значения коэффициента пересчета в верхнюю строку таблицы необходимо ввести несколько возможных вариантов (от 1 до 12 вариантов) значений коэффициентов пересчета (например: 1,0; 1,2; 0,7; 0,9; 1,4 – рис. 6). После ввода любого количества вариантов нажимается кнопка «Расчет таблицы». При этом в графической части панели показывается график зависимости вероятности от коэффициента K_g или K_p . Этот график отображается в виде ломаной прямой, соединяющей точки (рис. 6), или аппроксимирующей параболы.

Выбор варианта графика производится с помощью переключателя на варианты «Парабола» и «Ломаная». Для смены варианта построения графика необходимо изменить его с помощью переключателя и «нажать» «Расчет таблицы».

После построения графика с помощью переключателя устанавливается вероятность (0,68 или 0,80), для которой рассчитывается коэффициент.

Далее пользователь перемещает курсор в поле графика, нажимает и удерживает левую клавишу мыши (возникает изображение вертикальной стрелки). Не отпуская клавишу, стрелку перемещают по графику влево или вправо до тех пор, пока ее положение не совпадет с точкой пересечения графика и пунктирной линии вероятности (0,68 рис. 6). При этом перемещению соответствующее значение коэффициента отражается в окне «Коэффициент». Отпускание левой клавиши мы-

ши фиксирует положение стрелки.

«Нажатие» клавиши «Записать коэффициент» приводит к передаче значения коэффициента в блок установок режима «Установки».

Полученные в итоге указанных действий значения коэффициентов пересчета K_g или K_p будут использоваться программой при выполнении категоризации запасов в режиме «Оценка геологоразведки».

Нажатие кнопки панели «Передать в Excel» в любом режиме приводит к автоматическому открытию редактора Excel, в который будет экспортирована расчетная таблица (программа «MDZ» закрыта не будет). Кнопка «Рисунок в буфер» приводит к передаче изображения графика в стандартный буфер обмена, из которого его можно внедрить в документы текстовых, табличных и графических редакторов.

Помимо обеспечения автоматическими расчетами и графическими построениями основных этапов мониторинга достоверности запасов, программа «MDZ» содержит вспомогательные процедуры, позволяющие выполнять:

- построение и анализ кривой разведанности, используемой для оценки правомерности интерполяции высотных отметок пласта;
- оценку правомерности интерполяции признаков, модели которых отстраиваются путем линейной интерполяции методом многогранника, и расчет погрешности отстраиваемых изолиний;
- установление наличия и величины систематической погрешности данных геологоразведочных работ и ее исключения;
- расчеты элементов залегания пласта в точке замера, расположенной в замке складке;
- оценку геометрии формы оценочного блока;
- исключать из расчетов оценочные блоки с неоправданно низкими значениями критериев, либо заменять значения их критериев на заданное пороговое значение.

Представление результатов теоретических исследований в форме реализованных в программе алгоритмов потребовало от авторов значительных затрат труда (какие-либо сторонние специалисты к разработке программы не привлекались). Но авторы не сожалеют о затраченном на это времени, ибо эта реализация позволила выявить и устранить все возможные неопределенности действий и, в ряде случаев, потребовало их научного решения. Наличие компьютерного обеспечения переводит технологию мониторинга достоверности запасов из научно-исследовательской стадии в инженерную.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых: приказ МПР РФ от 11.12.2006 № 278. – М., 2006. – 6 с.
2. Рогова, Т. Б. Методические рекомендации по проведению количественной оценки степени соответствия геологических моделей месторождения угля его истинному состоянию /Т. Б. Рогова, О.П. Никифорова, С.В. Шаклеин, В.А. Коткин, В.Г. Малухин, В.О. Ярков.–Кемерово: ОЭРН, 2011. – 86 с.

□ Авторы статьи:

Рогова
Тамара Борисовна,
канд. техн. наук, доцент каф.
маркшейдерского дела, кадастра и
геодезии КузГТУ.
Тел. 906-928-71-35.
E-mail: rogtb@mail.ru

Шаклеин
Сергей Васильевич,
докт. техн. наук, вед. научн. сотр.
филиала ИВТ СО РАН, проф. каф.
маркшейдерского дела, кадастра и
геодезии КузГТУ
E-mail: svs1950@mail.ru

УДК 622.2

Н.Н. Пириева, В.В. Першин

МАКСИМАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Согласно Федеральному Закону «О недрах» [1] п. 23 «Основные требования по рациональному использованию и охране недр», при разработке полезных ископаемых необходимо обеспечить наиболее полное извлечение из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов.

На каждом добывающем предприятии имеется геологический отчет, где приводится исчерпывающая характеристика разведанного месторождения и его запасов, а также документация о запасах, утвержденных Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых, в которых отражаются балансовые и забалансовые запасы [3].

Балансовые запасы – это запасы, использование которых экономически целесообразно и которые должны удовлетворять требованиям – условиям, устанавливаемым для подсчета запасов в недрах для каждого месторождения.

Забалансовые запасы – это запасы, использование которых экономически нецелесообразно из-за малой мощности залежей, низкого содержания ценных компонентов, высокой зольности и т.д.

Технология добычи угля на шахтах подразумевает потери угля [2], подразделяющиеся на общешахтные (в охранных целиках под сохраняемыми объектами на поверхности, в барьерных целиках, в целиках, служащих для охраны капитальных горных выработок: в целиках под наносы) и проектные (проектные и эксплуатационные потери, связанные с системой разработки и технологией ведения горных работ);

Для расчета *промышленных запасов* необходимо из балансовых запасов исключить общешахтные и проектные потери. В качестве примера рассмотрим подземные угледобывающие предприятия ОАО «СУЭК-Кузбасс» (табл. 1).

Исключение работ по извлечению угля в целиках ведет к значимому экономическому ущербу, за счет вложенных непроизводительных затрат на 1 т извлекаемых запасов - на геологоразведочные работы, на приобретение запасов на аукционе, проектирование и строительство шахты и штрафные санкции за списание сверхплановых потерь.

Этот показатель можно существенно снизить, если при погашении горизонта (пласта) производить выемку угля - в барьерных целиках (в целиках, служащих для охраны капитальных горных выработок) и в целиках под наносы.

Рассмотрим возможные варианты отработки.

1) Барьерные целики и целики, служащие для охраны капитальных горных выработок, классифицируются как ограниченные, их отработка может производиться только с применением технологий, базирующихся на системах разработки короткими забоями. Значимыми факторами, характеризующими степень адаптации конкретных технологических схем, являются геометрические размеры и конфигурация участков отработки, пространственная ориентация и размеры целиков и выработанных пространств. Однако применение данных технологий затруднительно, необходимо обеспечить требованию: развивающиеся деформации в массиве не превышают допустимых.

Таблица 1. Показатель потерь угля шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс» (тыс.т.)

№ п/п	Угледобывающее предприятие – шахта	Балансовые запасы на 01.01.2011г.	Промышленные запасы на 01.01.2011 г.	Потери угля (целики, проектные и эксплуатационные потери)
1	им. С.М. Кирова	938 669	212 116	726 553
2	7 Ноября	48 398	14 251	34 147
3	Красноярская	52052	42103	9 949
4	Полысаевская	64 427	42178	22 249
5	Комсомолец	93 092	64293	28 799
6	Котинская	102 501	81 401	21 100
7	№7	74 282	31 641	42 641
8	Талдинская-Западная-1	158 421	85 193	73 228
9	Талдинская-Западная-2	39 336	17 847	21 489