

УДК 622:65.011.56

**В.М. Калинин, Г.А. Белоконев, Д.Н. Шурыгин,  
Е.В. Бодуэн де Куртенэ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕЛКОАМПЛИТУДНОЙ  
ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ  
УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

*Рассмотрена возможность автоматизации этапов прогнозирования мелкоамплитудной тектонической нарушенности угольных пластов.*

*Ключевые слова: тектоническая нарушенность, шахтное поле, угольный пласт, прогнозная карта нарушенности пласта.*

Семинар № 1

---

**V.M. Kalinichenko, G.A. Belokonev  
D.N. Shurigin,  
E.V. Boduen de Kurtene**

**AUTOMATED FORECAST COM-  
PLEX FOR SMALL-AMPLITUDE TEC-  
TONIC DISTORTION OF COAL MINES**

*the significance of automatization of forecast of small-amplitude tectonic distortion of coal mines is reviewed.*

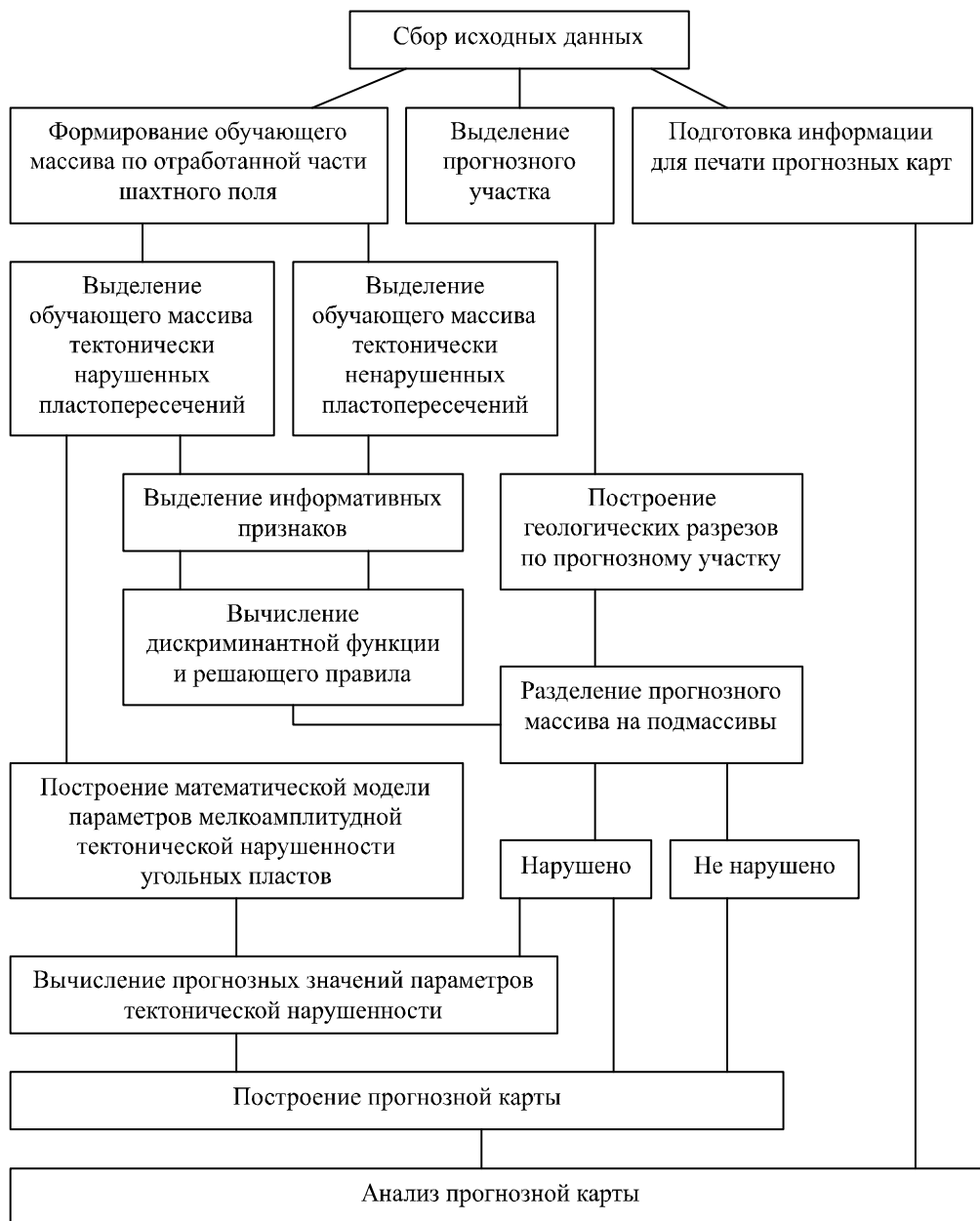
*Key words: tectonic distortion, mine field, coal bed, forecast map of coal bed distortion.*

**Н**а современном этапе развития информационных технологий использование автоматизированных систем прогнозирования (АСП) тектонической нарушенности позволяет добиться значительного повышения точности, надежности и объективности прогноза. Преимущества подобных систем заключаются в следующем [1]. АСП оперирует единой информационной базой, хранимой во внешней памяти ЭВМ (система баз данных), и содер-

жит эффективные способы доступа, управления и ведения системы баз данных. Это позволяет автоматизировать самый трудоемкий этап при прогнозировании – формирование выборок заданного качества, ввод, контроль и подготовку исходных данных.

Другим важным преимуществом является непрерывность процесса прогнозирования. Результаты, полученные по одному методу, становятся доступными для применения других методов без переподготовки исходной информации. Наконец, диалоговый режим ввода-вывода информации позволяет выполнять многократные расчеты при одном подходе к ЭВМ, обнаруживать недостатки прогнозной математической модели и оперативно их устранять.

Рассмотрим возможность автоматизации этапов прогнозирования мелкоамплитудной нарушенности, приведенных на рис. 1.



**Рис. 1. Блок-схема методики прогнозирования мелкоамплитудной тектонической нарушенности угольных пластов**

*Сбор исходных данных*

Первичная геолого-маркшейдерская документация для прогнозирования мелкоамплитудной тектонической

нарушенности включает план горных работ; дела скважин, пробуренных на шахтном поле; календарный план развития горных работ. На

этом этапе основной задачей является разработка эффективного преобразования данных стратиграфических колонок скважин в систему количественных показателей, позволяющую сравнивать скважины и использовать их для построения математических моделей. Для тектонической нарушенности такими показателями, например, являются:  $m_n$ ,  $m_{gl\_al}$ ,  $m_{al}$ ,  $m_{ap}$  – суммарные мощности пород в подстилающей и перекрывающей угольный пласт толще, соответственно песчаника, глинистого алевролита, алевролита и аргиллита;  $m_p$  – мощность углевмещающего ритма;  $m_{ye}$  – мощность угля;  $n$  – количество пластов в ритме;  $MK$  – средний модуль крупности в ритме;  $Dm_n$ ,  $Dm_{gl\_al}$ ,  $Dm_{al}$ ,  $Dm_{ap}$ ,  $Dm_p$  – вертикальная изменчивость в ритме соответственно песчаника, глинистого алевролита, алевролита и аргиллита и самого ритма. Структура таблицы по скважинам: записи таблицы соответствуют скважинам, а поля – выбранным для моделирования количественным показателям.

*Формирование обучающего массива по отработанной части шахтного поля (тектонически нарушенные и ненарушенные пластопересечения). Выделение прогнозного участка*

Под обучающим массивом понимается набор скважин, выбранный в соответствии с целями и задачами прогнозирования. Предполагается, что выводы, полученные в процессе моделирования на обучающем массиве, можно распространить на прогнозный участок. Самым простым способом отнесения скважин к нарушенной и ненарушенной зоне является присваивание соответствующего кода

(например, «1» и «2») дополнительному полю таблицы скважин.

*Выделение информативных признаков*

Наряду с отнесением скважин к тому или иному массиву данных, при детальном анализе может возникнуть необходимость в выборе некоторого числа наиболее информативных для моделирования признаков. В этом случае решением может являться введение в базу данных дополнительной таблицы, состоящей из одной записи, в которой значения полей (показателей, признаков) принимают значение «1» в случае использования поля при расчете и «0» в противном случае. Эта таблица будет отражать совокупность показателей для моделирования.

*Вычисление дискриминантной функции и решающего правила*

Нахождение дискриминантной функции необходимо для разграничения геологически однородных совокупностей. Дискриминантная функция представляет собой линейную комбинацию выбранных для моделирования показателей с коэффициентами, найденными на основе обучающего массива скважин. Сравнивая значение дискриминантной функции с пороговым значением, можно отнести скважину из прогнозного участка к нарушенной или ненарушенной зоне.

С точки зрения изменения таблицы скважин, в ней полю, соответствующему типу нарушения будут присвоены значения «1» или «2». Прогнозные скважины, относящиеся к нарушенной зоне (тип «1») далее будут участвовать в моделировании различных параметров нарушенности (амплитуды нарушения, коэффициента нарушенности, длины нарушения и его ориентации).

Аналогично можно найти решающее правило для разграничения совокупностей, используя вероятностно-

статистический метод распознавания образов по эталонным выборкам, в основе которого лежит теорема Байеса, связывающая априорную (доопытную) и апостериорную (послеопытную) вероятности событий.

*Построение математической модели параметров мелкоамплитудной тектонической нарушенности угольных пластов. Вычисление прогнозных значений параметров тектонической нарушенности*

На этом этапе с помощью метода группового учета аргументов (МГУА) находятся зависимости между параметрами тектонической нарушенности и набором показателей, характеризующих углевмещающую толщу. Последние исследования в области возможности применения МГУА для построения дискриминантных функций показали его эффективность и увеличение точности распознавания на 15-20%. Это позволяет использовать при моделировании один метод МГУА, что существенно снижает время переподготовки данных для расчетов. Найденные прогнозные значения параметров нарушенности записываются в соответствующие поля записей скважин.

*Подготовка информации для печати прогнозных карт. Построение и анализ прогнозных карт*

Информационной основой для построения прогнозных карт служит план горных работ в векторном виде (например, созданный в САПР AutoCad) или в виде раstra, то есть отсканированного с бумажного носителя. Результаты прогнозирования параметров тектонической нарушенности, полученные на предыдущих этапах функционирования АСП, удобно выводить на прогнозной карте в виде зон, расположенных вокруг скважин. Размеры этих зон отражают точность прогнозирования местоположения параметра в плане. Заключительным этапом является ана-

лиз полученной прогнозной карты. В этом случае исследователь рассматривает карту с точки зрения взаимосвязи прогнозных параметров с параметрами, не участвующими в моделировании. Например, сравнивается близость областей повышенной трещиноватости и прогнозируемой нарушенности; в этом случае для анализа достоверности построения карты используются теоретические представления о связи зон разрывных нарушений и трещиноватости.

*Общие выводы по этапам функционирования АСП*

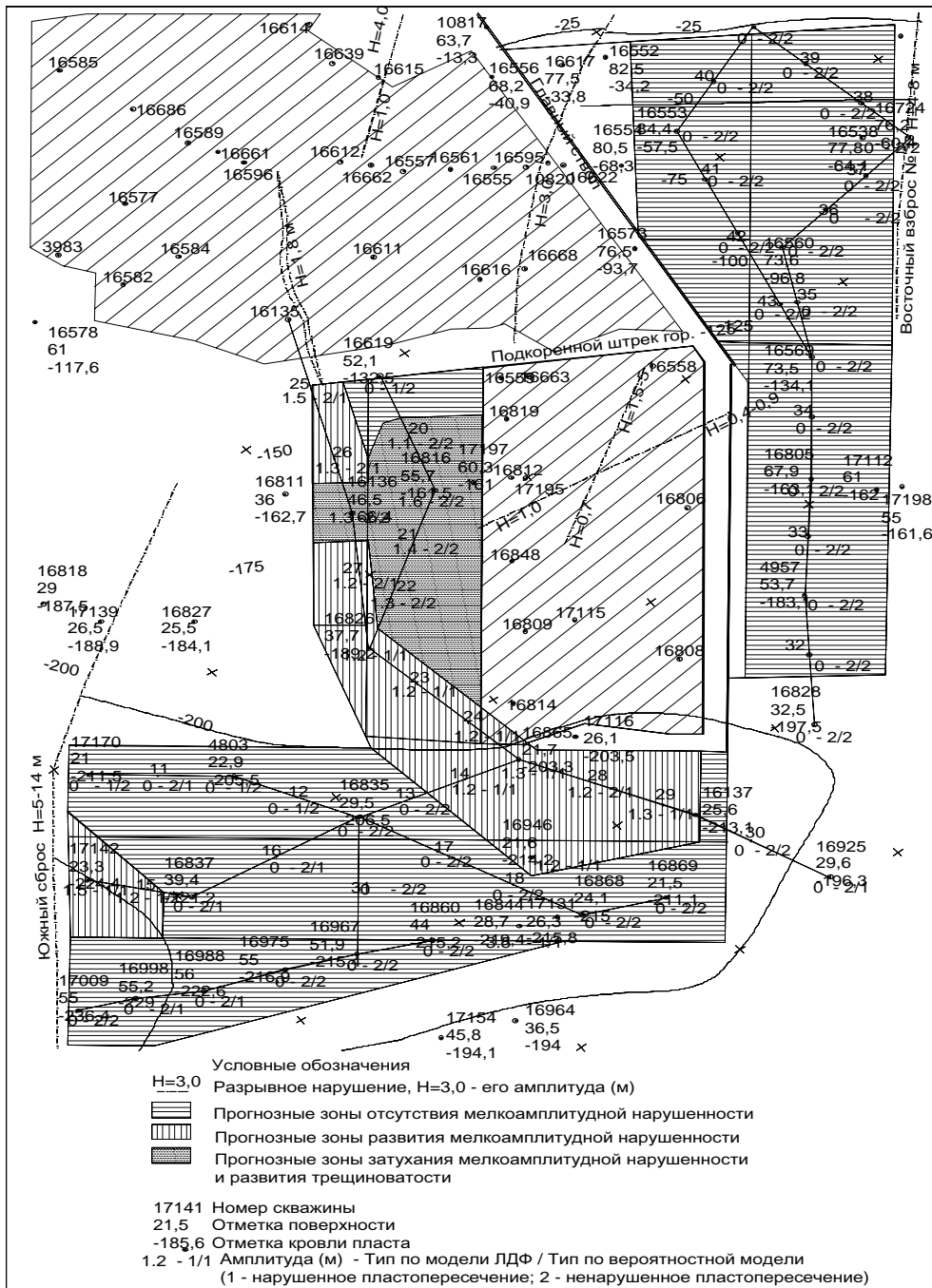
1. Подходящее для целей моделирования преобразование данных стратиграфических колонок скважин в систему показателей, а затем дальнейшее представление скважин в виде таблицы базы данных, позволяет избежать дублирования информации.

2. Доказанная возможность применения метода МГУА при выявлении нарушенных и ненарушенных зон, а также для прогнозирования параметров нарушенности пласта, исключает необходимость в многократной переподготовке исходной информации.

*Апробация АСП на примере прогнозирования мелкоамплитудной нарушенности угольного пласта шх. Садкинской (Восточный Донбасс)*

Шахта Садкинская расположена на участке Садкинский Восточный №1 и является составной структурой Сулино-Садкинского угленосного района Восточного Донбасса. Геологоразведочными работами выявлен ряд дизъюнктивных нарушений взбросового и сбросового характера, большая часть из них малоамплитудные – с амплитудой смещения пласта  $m_8^1$  менее 10 м [2]. Лишь отдельные разрывы имеют амплитуду более 10 м. Горными работами были выявлены многочисленные

разрывные нарушения с амплитудами 1-2,5 м и единичные разрывы с амплитудой до 5-6,5 м.



**Рис. 2. Прогнозная карта мелкоамплитудной нарушенности пласта шахты Садкинская**

В зонах развития и затухания разрывов отмечена повышенная трещиноватость угольного пласта и вмещающих пород. Ширина зон трещиноватости в среднем достигает 50 м (по 25 м висячем и лежащем крыльях нарушения).

В процессе отработки пласта  $m_8^1$  поля шахты Садкинская некоторые из этих разрывов не подтвердились, в то же время был вскрыт ряд мелкоамплитудных нарушений пласта (с амплитудой до 3-5 м). В зоне влияния этих разрывов была количественно охарактеризована углевмещающая толща пород в пределах углевмещающего ритма. Проведенное в работе [3] моделирование нарушениями методом МГУА в пределах всего пространственно-факторного поля мелкоамплитудных разрывов показало, что наилучшие из уравнений нарушениями пласта вскрывают не более 43% закономерных вариаций признаков. Поэтому, в пределах факторного пространства мелкоамплитудных нарушений угольного пласта были выделены две группы разрывов: с амплитудой менее 3 м и с амплитудой 3 и более метра. Математическое моделирование нарушениями пласта в этих группах показало, что уравнения ампли-

туды разрывов описывают более 60% закономерных вариаций признаков.


Прогнозирование нарушениями угольного пласта методами классификации выполнялось с помощью линейных дискриминантных функций и вероятностным методом, основанным на теореме Байеса [4]. Исходной информацией служили: массив данных с ненарушенными пластопересечениями и блоки данных по нарушенным пластопересечениям с амплитудами отдельно до трех метров и три и более метра.

Комплексный анализ вычисленных прогнозных параметров пластопересечений позволил построить прогнозную карту нарушениями пласта  $m_8^1$  на участках его перспективной отработки в ближайшие годы (рис. 2). На карте выделены зоны, в которых высока вероятность наличия мелкоамплитудных разрывов угольного пласта, а также участки с повышенной трещиноватостью вмещающих пород и площади ненарушенного залегания пласта. В дальнейшем прогнозные математические модели могут быть скорректированы с учетом новых горногеологических данных, полученных в процессе отработки угольного пласта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинченко В.М. Математическое моделирование и прогноз показателей месторождений: справочник. – М.:Недра, 1983. – 319 с.
2. Детальная разведка участка Садкинского Восточного №1. Подсчет запасов угля по состоянию на 1.01.90 г. Отчет за 1986-1990 гг. Южгеология. Северо-Донецкая геологоразведочная экспедиция. Ростов-на-Дону. 1990.
3. Калинченко В.М., Белоконев Г.А., Шурыгин Д.Н., Бодуэн де Куртенэ Е.В. Прогноз-

ные модели тектонической нарушениями угольных пластов Восточного Донбасса // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2007». – Днепропетровск.: Національний гірничий університет, 2007. – С.187-194..

4. Смирнов Б.В. Вероятностные методы прогнозирования в инженерной геологии. – М.:Недра, 1983. – 134с. 

#### Коротко об авторах

Калинченко В.М., Белоконев Г.А., Шурыгин Д.Н., Бодуэн де Куртенэ Е.В. – Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт), [ngty@novoch.ru](mailto:ngty@novoch.ru)