

УДК 622:551. 243

Цикличность распределения малоамплитудных разрывных нарушений угольных пластов

Показана закономерная изменчивость количества малоамплитудных дизъюнктивных нарушений угольного пласта в зависимости от расстояния до крупно- и среднеамплитудных разрывов угленосной толщи на примере поля шахты «Суходольская-Восточная». Установлено, что изменение количества дизъюнктивных нарушений носит циклический характер.

Проблема повышения полноты и достоверности выявления малоамплитудной разрывной тектонической нарушенности сохраняет свою актуальность не только на стадии разведки, но и в процессе эксплуатации угольных месторождений. Реально достигнутая разрешающая способность традиционных технических средств обнаружения разрывных нарушений составляет 5 – 10 м по их вертикальной амплитуде, что совершенно недостаточно для обеспечения потребностей угледобывающих предприятий при организации планового и безопасного ведения очистных и подготовительных горных работ.

Разрывная и складчатая нарушенности являются проявлением одного процесса – деформации угленосной толщи, только в первом случае – в хрупком виде, а во втором – в пластичном [1]. Поэтому интенсивность малоамплитудных дизъюнктивных нарушений определяется наличием средне- и крупноамплитудных дизъюнк-

тивных нарушений, а также крупных пликативных структур.

Для разработки методики прогноза малоамплитудной разрывной нарушенности угольных пластов большое значение имеет изучение закономерностей пространственного взаиморасположения малоамплитудных дизъюнктивных нарушений, их пространственной ориентировки и приуроченности к более крупным тектоническим формам на эксплуатируемых площадях: в шахтных условиях при проведении горных выработок, в геологоразведочных скважинах по керну при анализе первичного фактического материала.

На основе данных шахтной геологической службы Донбасса [2] были установлены закономерности положения малоамплитудных разрывов. Однако эта работа характерна лишь качественным подходом к решению проблемы. Некоторые исследователи [3] при попытке установить закономерные связи между малоамплитудными и крупными разрывами угленосной толщи Кузбасса указывали на приуроченность малоамплитудных разрывов к любым перегибам (синклинального, антиклинального, флексурного типов), а также на то, что разрывы развиваются по преобладающим системам трещин.



С. И. ШАБЕЛЬНИКОВ,
инж.
(Краснодонский инженерный ф-т
Донбасского ГТУ)



Л. Е. ПОДЛИПЕНСКАЯ,
канд. техн. наук
(Донбасский ГТУ)



В. Е. ЛИСИЦА,
канд. геолог. наук
(Донбасский ГТУ)

На примере Селезневского углепромышленного района исследовались особенности тектонических структур северного крыла Донбасса [4, 5]. Авторы пришли к следующим выводам:

малоамплитудная разрывная нарушенность проявляется в основном в виде надвигов и реже сбросов и представлена двумя системами: субпараллельной крупным надвигам и субперпендикулярной, приуроченной к местам резкого перегиба складок;

малоамплитудные разрывы имеют значительное развитие и, как правило, повторяют формы более крупных разрывов.

При изучении малоамплитудной тектоники Донецко-Макеевского района [6] малоамплитудные разрывы были объединены в «тектонополось», установлены ориентировка главных сжимающих напряжений, возникающих в угленосной толще, а также линейная зависимость между интенсивностью малоамплитудных разрывов и разрывов больших амплитуд.

Отличительная особенность рассматриваемых работ состоит в том, что результаты исследований основываются на информации о малоамплитудных разрывных нарушениях, зафиксированных на небольших (до 1 км) расстояниях от крупных и средних разрывов. Поэтому актуальным остается выявление взаимосвязи между малоамплитудными дизъюнктивными нарушениями и крупными и средними разрывами на основе более обширной информации.

Цель настоящей статьи – на основании фактических данных горно-геологической документации шахты «Суходольская-Восточная» определить общую тенденцию распределения малоамплитудных разрывов по отношению к крупным и средним разрывным нарушениям угольного пласта в пределах Краснодонского угленосного района и установить зависимость их пространственного взаиморасположения.

Поле шахты «Суходольская-Восточная» расположено в пределах мелкоскладчатой полосы северной окраины Донецкого бассейна и почти полностью охватывает южное пологое крыло Суходольской (Гундоровской) синклинали. Ось синклинали простирается в широтном направлении. Сравнительно спокойные пликвативные формы строения рассматриваемой площади осложнены крупным дизъюнктивным нарушением – Дуваным надвигом. Лежащее крыло этого надвига принято за естественную границу западной части поля шахты.

Стратиграфическая амплитуда Дуванного надвига изменяется как по падению, так и по простиранию от 30 до 170 м.

Для изучения изменения частоты встречи малоамплитудных нарушений по мере удаления от Дуванного надвига на планы горных работ были перенесены все малоамплитудные дизъюнктивные нарушения, выявленные в процессе проведения горных выработок, и через них проведены линии, параллельные простиранию сместителя Дуванного надвига, вплоть до оси Суходольской синклинали. Затем по направлению $I - I'$ ($L = 5$ км), проведенному вкрест простирания линиям, соединяющим малоамплитудные разрывы, отложены 26 точек их пересечения. Схема поля шахты «Суходольская-Восточная» с линиями малоамплитудных разрывов (линии проявления тектонической активности в угольном пласте) показана на рис. 1.

В результате получены два сопряженных между собой динамических ряда: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_N\}$ и $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n, \dots, y_N\}$, где x_n – расстояние между n -й линией малоамплитудных разрывов и Дуваным надвигом по направлению $I - I'$; y_n – расстояние между n -й и $(n - 1)$ -й линиями малоамплитудных разрывов. Зависимость расстояний между линиями малоамплитудных разрывов по направлению $I - I'$ (Y) и расстояний от Дуванного надвига до линий малоамплитудных разрывов (X) приведена на рис. 2.

Анализируя данные, приведенные на рис. 2, можно сделать вывод о том, что изменение количества малоамплитудных нарушений, а также расстояний между ними по мере удаления от Дуванного надвига происходит по многомерной траектории. Это в свою очередь позволяет выдвинуть гипотезу о существовании в ней циклической составляющей. Для подтверждения гипотезы был применен метод разложения динамического ряда на компоненты, получивший название Singular Spectrum Analysis (SSA) – «Гусеница» [7].

Метод SSA предназначен для исследования структуры временных рядов (в данном случае динамических рядов) и совмещает в себе достоинства многих других методов, в частности метода анализа Фурье и регрессионного анализа. Метод состоит в преобразовании одномерного ряда в многомерный с помощью однопараметрической сдвиговой процедуры, в анализе главных компонент сингулярного разложения полученной многомерной траектории

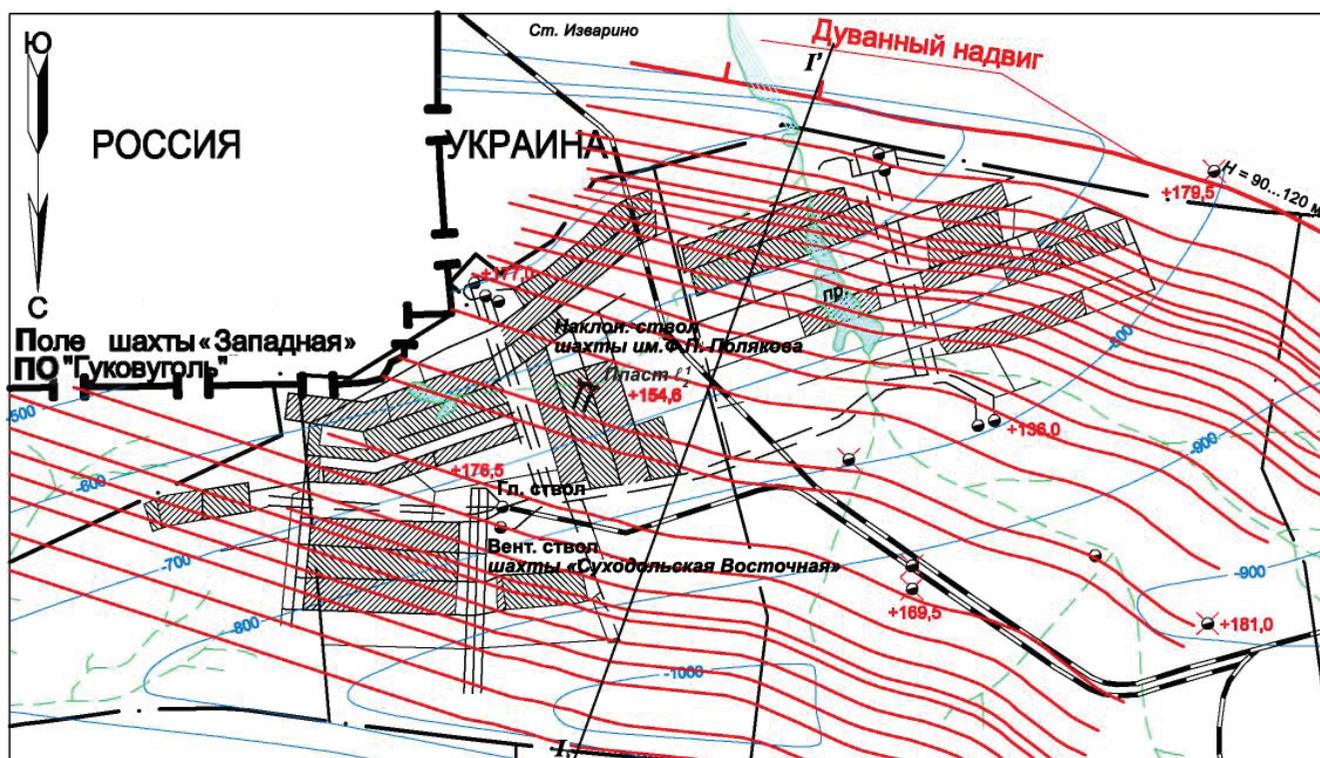
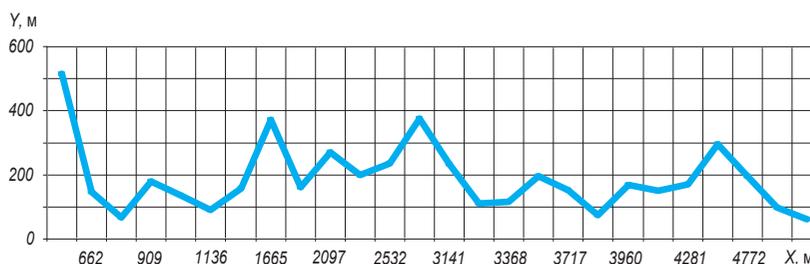


Рис. 1. Схема поля шахты «Суходольская-Восточная» с линиями малоамплитудных разрывов.

Рис. 2. Зависимость расстояний между линиями малоамплитудных разрывов по направлению $I-I'$ (Y) и расстояний от Дуванного надвига до линий малоамплитудных разрывов (X).



в восстановлении (аппроксимации) ряда по выбранным главным компонентам.

Результатом применения метода является разложение исходного ряда на простые компоненты: медленные тренды, трендциклические и циклические компоненты.

Рассмотрим ряд Y . Спектральный анализ ряда показал наличие в нем циклическости с периодом $L = 13$. Методом SSA выявлены пять главных компонент, суммарный вклад которых ($F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$) в общую сумму ряда Y составляет около 95 %.

Анализ собственных частот сингулярного разложения многомерной траектории ряда и вида графиков компонент $F_1 - F_5$ позволяет классифицировать компоненты следующим образом: F_1 – трендовая компонента; F_2 и F_3 – пара трендциклических низкочастотных компонент с периодом $T_1 = 13$ и частотой $\omega_1 = 2\pi/13 = 0,48$; F_4 и F_5 – пара циклических высокочастотных компонент с периодом $T_2 = 5$ и частотой $\omega_2 = 2\pi/5 = 1,3$.

Объединяя соответствующие пары компонент, получим следующее представление аппроксимации исходного ряда Y :

$$F = Z_1 + Z_2 + Z_3, \quad (1)$$

где $Z_1 = F_1$; $Z_2 = F_2 + F_3$; $Z_3 = F_4 + F_5$.

Следующий шаг метода SSA – аналитическое описание объединенных компонент. Используя аналитическое представление функций, параметры которых вычислялись с помощью регрессионного анализа, соотношения между основными сгруппированными компонентами и номером линии малоамплитудных

дизъюнктивных нарушений можно представить в виде формул:

для трендовой компоненты F_1

$$Z_1 = \frac{2439,4 \ln}{n^2 - 44,81n - 47,64} + 267,12, \quad (2)$$

для трендциклической компоненты $F_2 + F_3$

$$Z_2 = 768,83 \cdot 1,05^n \cdot \cos[0,48(n+1,55)] / n^{1,44}, \quad (3)$$

для циклической компоненты $F_4 + F_5$

$$Z_3 = -48,85 \cdot \cos(1,3n + 4,94), \quad (4)$$

где n – порядковый номер линии разрывных нарушений.

Корреляционные отношения для формул (2), (3) и (4) соответственно равны 0,976; 0,975; 0,895, что указывает на сильную связь между входными и выходными показателями исследуемых зависимостей. Адекватность моделей проверялась по критерию Фишера, а значимость параметров регрессии – по критерию Стьюдента. Результат проведенных тестов подтверждает хорошее качество полученных аналитических зависимостей.

На рис. 3 – 5 приведены зависимости между основными сгруппированными компонентами и номером n линии малоамплитудных дизъюнктивных нарушений, построенные на основании фактических и расчетных данных, соответствующих формулам (2), (3) и (4).

Приведенные графики показывают хорошую сходимость фактических и прогнозных данных, что подтверждает правильность построенных аналитических моделей (2), (3) и (4).

Подставляя выражения (2), (3) и (4) в уравнение (1), с помощью функции восстановленных компонент получим окончательную формулу аппроксимации ряда Y

$$F = \frac{2439,4 \ln}{n^2 - 44,81n - 47,64} + 267,12 + \frac{768,83 \cdot 1,05^n \cdot \cos[0,48(n+1,55)]}{n^{1,44}} - 48,85 \cdot \cos[1,3(n+71,47)], \quad (5)$$

где n – порядковый номер малоамплитудного разрыва в порядке удаления от крупного дизъюнктивного нарушения (Дуванного надвига);

$F(n)$ – расстояние между n -й и $(n-1)$ -й линиями малоамплитудных разрывов.

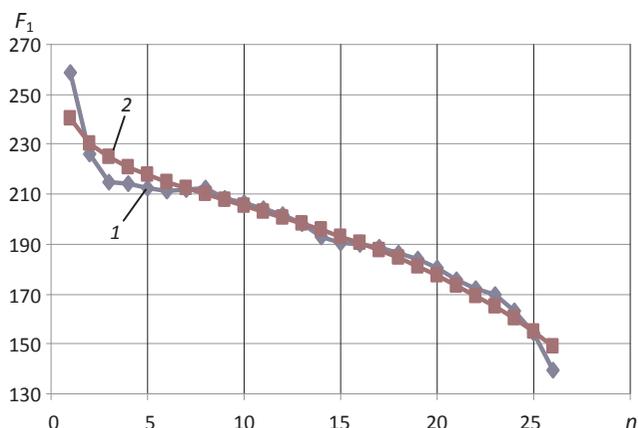


Рис. 3. Зависимость трендовой компоненты F_1 от номера линии нарушений n : 1 и 2 – данные фактические и прогнозные.

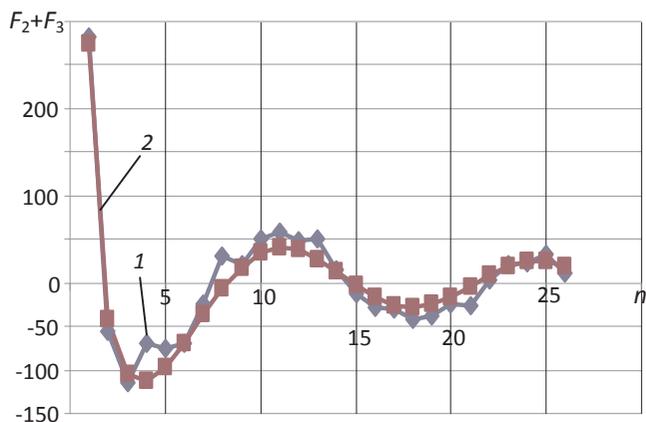


Рис. 4. Зависимость трендциклической низкочастотной компоненты $F_2 + F_3$ от номера линии нарушений n : 1 и 2 – данные фактические и прогнозные.

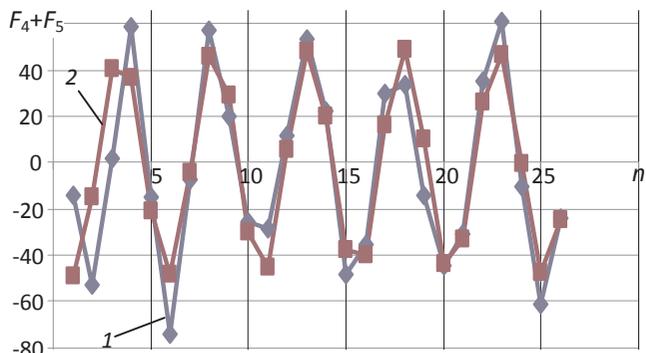


Рис. 5. Графики высокочастотных компонент $F_4 + F_5$: 1 и 2 – данные фактические и прогнозные.

Выводы. В процессе исследования зависимости пространственного взаиморасположения малоамплитудных дизъюнктивных нарушений по отношению к крупным и средним разрывам на примере шахты «Суходольская-Восточная»:

выявлена и подтверждена цикличность в изменении расстояния между двумя соседними линиями малоамплитудных разрывов по мере удаления от Дуванного надвига;

получена формула, позволяющая рассчитывать расстояния до каждой следующей линии проявления тектонической активности в угольном пласте, расположенной в районе крупных разрывных нарушений типа Дуванного надвига;

установлена зависимость пространственного взаиморасположения малоамплитудных дизъюнктивных нарушений по отношению к крупным и средним разрывам, которую можно использовать в методике прогноза разрывной нарушенности угольных пластов, а также для получения аналогичных аналитических зависимостей в других геолого-промышленных районах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приходченко В. Ф. Тектонический контроль суфляров метана / В. Ф. Приходченко, С. Ю. Приходченко. – Днепропетровськ: НГА України, 2001. – 204 с.
2. Омелянович В. М. Вопросы тектоники в работе шахтного геолога Донбасса / В. М. Омелянович. – М.: Углетехиздат, 1957. – 96 с.
3. Белицкий А. А. К разработке методики прогноза нарушенности шахтных полей Кузбасса // Вопросы геологии Кузбасса. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1959. – Т. 99. – С. 280–295.
4. Пимоненко Л. І. Тектонічні основи прогнозу гірничо-геологічних умов розробки вугільних родовищ Донбасу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора геол. наук: спец. 04.00.16 «Геологія твердих горючих копалин» / Л. І. Пимоненко. – Дніпропетровськ, 2005. – 25 с.
5. Окалелов В. Н. Методика прогнозирования распространения малоамплитудных дизъюнктивных нарушений в окрестностях крупных тектонических разрывов / В. Н. Окалелов, Л. Е. Подлипенская, Е. Ф. Шкурский // Уголь Украины. – 2004. – № 3. – С. 36–39.
6. Привалов В. А. О прогнозе тектоногазодинамической обстановки угольного пласта / В. А. Привалов // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1985. – № 11. – С. 49–55.
7. Голяндина Н. Э. Метод «Гусеница»-SSA: прогноз временных рядов: Учеб. пособие. – СПб., 2004. – 52 с.



– это единственный в отрасли научно-технический, производственный и экономический журнал для специалистов угольной промышленности. Журнал рассчитан на инженерно-технических работников шахт, разрезов, шахтостроительных организаций, обогатительных фабрик, заводов угольного машиностроения, научно-исследовательских и проектных организаций.

Выписывайте журнал «Уголь Украины»