

УДК 622.834

**Н.Н. Городилов**

**ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ  
МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ С УЧЁТОМ  
ВЕРОЯТНОСТНОГО ХАРАКТЕРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ЕЁ С ТРУДНООБРУШАЮЩЕЙСЯ КРОВЛЕЙ  
УГОЛЬНОГО ПЛАСТА**

*Исследованы режимы работы механизированной крепи при её взаимодействии с труднообрушающейся кровлей угольного пласта и проведена оценка вероятностного характера его проявления.*

*Ключевые слова: механизированная крепь, угольный пласт, труднообрушающаяся кровля, смещение, скорость смещения, автокорреляция, спектральная плотность, модуль, взаимодействие.*

**В**заимодействие механизированной крепи в составе комплекса КМ138 на участках выемочных столбов, при наличии труднообрушающихся кровель и в равнозначных горно-геологических условиях, оценивается как сложные условия отработки угольного пласта.

На участке выемочного столба, где в лаве работал комплекс КМ138, на котором проводились исследования режимов работы механизированной крепи при её взаимодействии с кровлею, по условиям залегания с глубины более 150 м пласт отнесен к угрожаемому по горным ударам. При этом пласт имел мощность 1,8—2,2 м с углом падения пласта  $6-8^{\circ}$  и труднообрушающуюся кровлю, сложенную из песчаника мощностью 30—34 м с крепостью 8-10, которая была склонна к зависанию и крупноблочному обрушению.

Измерение силовых характеристик крепи осуществлялось самопишущими манометрами, которым регистрировались величины и время изменения давления в поршневой полости гидростоек. Приборы были подключены

и смонтированы на заведомо исправные гидростойки. Смещения гидростоек в режиме упругой податливости, регистрируемые в пределах выемочного цикла, определялись по её расчетной жесткости в соответствии с методикой [1]. Смещения по нормали к кровле определены с учётом кинематических схем крепей.

Работа крепи рассматривается как случайный процесс нагружения её гидростоек при отработке выемочного столба в пределах исследуемого участка. Этот процесс дискретизирован по выемочным циклам передвижки крепи. Реализация смещения пропорциональна приращению давления в стойке и определена с учётом её жесткости.

Указанные параметры взаимодействия представляют собой случайные процессы, основные статистические характеристики которых определены по известной методике [2,3].

Комплекс КМ138 имеет механизированную поддерживающее-оградительного типа крепь, где каждая секция имеет два ряда гидростоек: две по переднему и две по посадочному ря-

ду, что обеспечивает рабочее сопротивление 6000 кН на одну секцию и 4000 кН/м по длине лавы. Шаг передвижки секций крепи составляет 0,8 м. Жесткость каждой гидростойки, применяемой в секции крепи М138, равна 132,9 кН/мм. Гидростойка крепи М138 имеет двойную гидравлическую подвижность.

Известно, что расслоение кровли снижается с ростом скорости продвижения и реакции крепи. При достижении определенной реакции крепи снижается расслоение до предела, с которого возможно сохранение сплошности кровли над крепью [4,5].

В условиях отработки пласта с труднообрушающейся кровлей комплексами КМ138 суточное подвигание лав варьировало от 0 до 16 м при средних значениях подвигания 4,6 м. Основное влияние на изменение расслоения кровли оказывает реакция крепи М138.

Параметры взаимодействия крепи М138 были определены статистические функции распределения, которые отображали общее сопротивление крепи, сопротивление крепи по посадочному ряду, смещение гидростойки в режиме упругой податливости за цикл, достигнутые скорости смещения гидростойки в режиме упругой податливости за цикл, смещение кровли пласта за цикл и достигнутые скорость смещения кровли пласта за цикл.

Общее сопротивление секции крепи при взаимодействии секции крепи М138 с труднообрушающейся кровлей пласта составили в среднем 2960 кН, при среднеквадратическом отклонении 635 кН, при этом наблюдалось смещение кровли пласта в среднем 1,47 мм при среднеквадратическом отклонении 1,32 мм. В тоже время сопротивление секции крепи по посадочному ряду составило 1570

кН при среднеквадратическом отклонении 428 кН.

При наблюдаемых параметрах сопротивления секции крепи определялись смещения кровли пласта, их величины достигали в среднем 9,6 мм/час, при среднеквадратическом отклонении 6 мм/час.

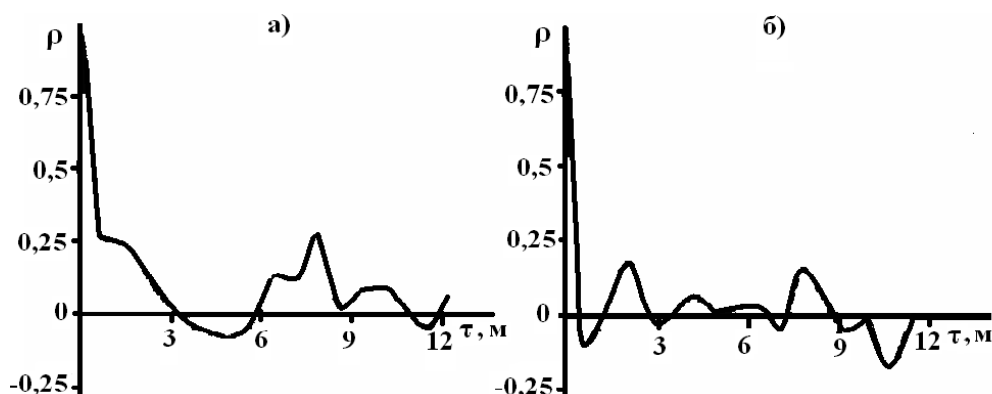
Количественная оценка структуры формирующихся дисперсий смещения и достигнутой скорости смещения кровли в течение выемочного цикла была произведена по вероятностным характеристикам: автокорреляционным функциям  $\rho = f(\tau)$ , спектральным плотностям  $S = f(\omega)$  и модулям частотных характеристик  $H = f(\omega)$ .

Аргумент автокорреляционной функции ( $\tau, м$ ) интерпретирован как расстояние подвигания лавы, а аргумент функций спектральной плотности и модуля частотной характеристики ( $\omega, 1/м$ ) определен как частота появления событий на 1м подвигания лавы и далее называется — частота.

Автокорреляционные функции смещения и достигнутой скорости смещения кровли над секцией крепи представлены на рис. 1.

Автокорреляционные функции смещения (а) и достигнутой скорости смещения кровли (б) над секцией крепи (рис. 1) представляют собой сложные кривые, состоящие из затухающих апериодических и наложенных на них колебательных составляющих, которые затухают значительно дольше. Затухающий характер автокорреляционных функций доказывает, что случайные процессы функции смещения и достигнутой скорости смещения кровли имеют стационарный характер.

Для процесса смещения кровли существенная связь между соседними его величинами сохраняется при работе комплексов КМ138 на расстоянии



**Рис. 1. Автокорреляционные функции смещения (а) и достигнутой скорости смещения кровли (б) над секцией крепи**

подвигания лав соответственно 2,75 м. Для процесса формирования достигнутой скорости смещения кровли над комплексами КМ138 существенная связь между их значениями сохраняется соответственно на протяжении 0,5 м подвигания лав.

Анализ автокорреляционных функций показывает, что для выхода из зоны больших смещений комплексу КМ138 необходимо провести не менее 4-х выемочных циклов, а для выхода из зон, где наблюдаются достигаемые большие величины скорости смещения кровли, достаточно провести не менее 2-х выемочных циклов.

Данная информация может быть использована для прогноза необходимых темпов подвигания очистного забоя, который оказался в сложных условиях связанных по причине повышенного горного давления, что требует необходимости быстрее выхода комплекса из зоны больших смещений и достигаемых больших величин скоростей смещения кровли.

Наличие в спектрах смещения и достигнутых скоростей смещения преобладающих колебательных составляющих позволяют получить графиками функций спектральных плотностей

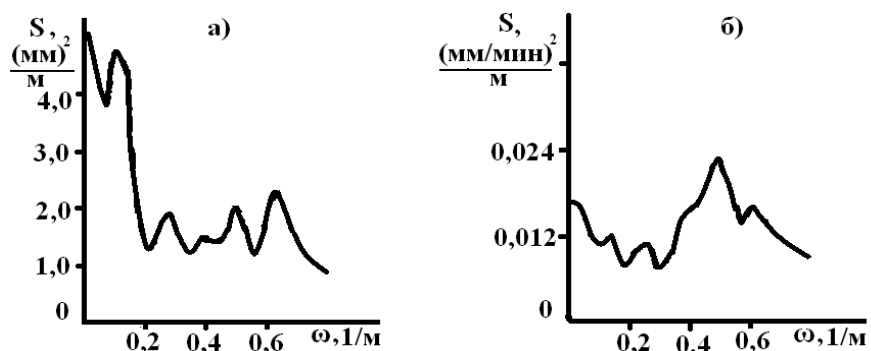
смещения и достигнутых скоростей смещения (рис. 2), где они представлены в виде графиков с явно выраженными максимумами дисперсий.

Полученные результаты спектрального анализа взаимодействия крепей с кровлей, спектральные характеристики смещения и достигаемой скорости смещения кровли пласта, приведены в таблице.

Результаты спектрального анализа (таблица) показывают, что в исследуемых спектрах на долю колебательных составляющих приходится для процессов смещения и достигнутой скорости смещения кровли над крепью соответственно 54 % и 70 % общей дисперсии процессов.

Анализ колебательных составляющих смещения кровли (рис. 2, а) показывает, что их наибольшая доля дисперсий приходится на спектр частот с пределами от 0,05 до 0,2 1/м.

Спектры частот смещения кровли в указанных пределах имеет участок, где средняя частота наибольших дисперсий смещения для комплексов КМ138 варьируют от 0,09 до 0,12 1/м, что соответствует шагу посадки кровли в пределах 8-11 м. Это подтверждают и визуальные наблюдения за посадкой кровли пласта в завале.



**Рис. 2.** Графиками функций спектральных плотностей смещения (а) и достигнутых скоростей смещения (б) при взаимодействии секции крепи М138 с труднообрушаемой кровлей

Таблица

**Спектральные характеристики смещения и достигаемой скорости смещения кровли пласта**

График спектральной функции	Параметры спектра частот		
	Диапазон частот, 1/м	Преобладающие частоты, 1/м	Доля части спектра, %
Смещение кровли пласта	0,05—0,7	0,08—0,2	21
		0,22—0,34	11
		0,45—0,55	9
		0,57—0,7	13
Достижимы скорости смещения кровли пласта	0,05—0,7	0,12—0,17	6
		0,2—0,28	8
		0,32—0,55	37
		0,57—0,7	19

В спектре частот посадки непосредственной кровли наибольшие скорости ее смещения над секцией крепи М138 (рис. 2, б) составляют 8,5 % от общей их дисперсии, что доказывает возможность появления ударных нагрузок на секции крепи М138, где она может применяться при труднообрушающейся кровле.

В низкочастотной части спектров (рис. 2) наблюдается три явно выраженных максимума дисперсий, средние значения периодов которых находятся в пределах: 1,4-1,7 м, 2-2,2 м, 3,3-4,2 м.

Периоды спектра смещения и достигнутой скорости смещения кровли

идентифицируются с образованием более мелких блоков в нижней части непосредственной кровли на контакте с крепью, и это подтверждается тем, что после прохода комплекса в завале наблюдались куски породы, которые имеют длину по простиранию, соизмеримую с отмеченными периодами смещения. С этими спектрами совпадают и спектры увеличения скоростей смещения. Снижение расслоения кровли при работе КМ138 увеличивает периоды образования мелких блоков в нижней части кровли, на что указывает смещение максимумов дисперсий к верхнему пределу их средних значений.

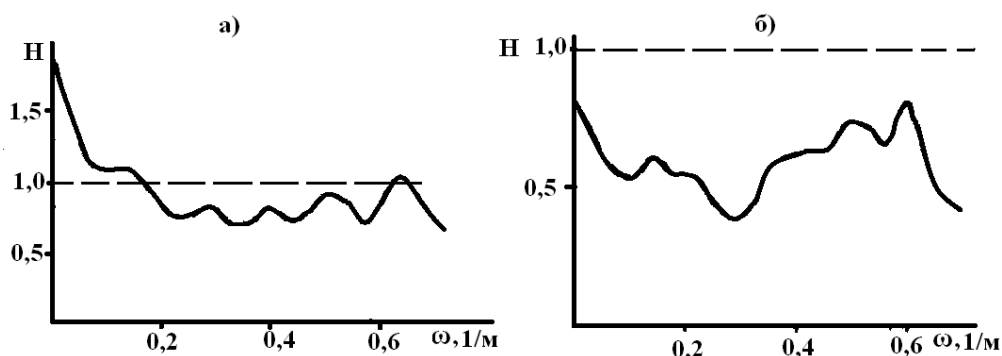
Полученные результаты исследований, указывающие на то, что с ростом сопротивления крепи увеличиваются несущая способность непосредственной кровли и размеры разрушающихся над крепью блоков, высказывались также в работе [6]. Видно, что максимальный пик дисперсии достигнутой скорости смещения кровли (рис. 2) наблюдается при работе КМ138 на частоте 0,5 1/м, что соответствует образованию блоков протяженностью по простиранию 2 м.

Модуль частотных характеристик смещения кровли (рис. 3, а) в диапазоне от 0,18 до 0,6 1/м на 12-30 % меньше единицы, и в спектре этих же частот видны ожидаемые максимальные смещения кровли над крепью М138. Спектр частот в пределах 0,05-0,2 1/м, характеризует смещение кровли соответствующим шагом посадки кровли.

Модуль частотных характеристик достигнутых скоростей смещения кровли (рис. 3, б) на всем спектре частот от 0,05 до 0,7 1/м на 20-60 % меньше единицы, что указывает на значительное в 1,3-2 раза снижение ожидаемых достигнутых скоростей смещения кровли при использовании крепи М138. Уменьшение достигнутых скоростей смещения в 2

раза наблюдается при средней частоте около 0,28 1/м, что указывает на значительное снижение скорости смещения и уменьшает вероятность появления динамические нагрузки на крепь М138. При меньшей динамике нагружения гидростойки секции крепи работают надежней и более долговечны.

Рассмотренные особенности режимов работы механизированной крепи с учётом вероятностного характера взаимодействия её с труднообрушающейся кровлей угольного пласта и полученные при этом результаты исследований взаимодействия комплексов КМ138 дают достаточно полную информацию о поведении и обрушении кровли пласта. Спектральный анализ параметров взаимодействия может быть основой для прогнозов оперативной обстановки в лаве на протяжении всего шага посадки кровли. При этом установлено, что для выхода из зоны наибольших смещений комплексу КМ138 необходимо провести не менее 4-х выемочных циклов, а уход его из зон, где наблюдаются наибольшие скорости смещения, возможен при проведении им не менее 2-х выемочных циклов. Снижение расслоения кровли над крепью М138 увеличивает периоды



**Рис. 3. Модули частотных характеристик смещения кровли (а) и частотных характеристик достигнутых скоростей смещения кровли (б)**

образования мелких блоков на контакте кровли с крепью до 2 м. Максимумы достигнутых скоростей смещения кровли при работе КМ138 относительно не высоки, причем наибольшее (в 2 раза) уменьшение скоростей смещения кровли следует ожидать со средним периодом повторения 3,1-3,7 м.

Существующие методы расчета ожидаемых характеристик взаимодействия крепи в лавах не дают достаточной точности оценок вследствие того, что априорная информация усреднена и не достаточно достоверна или неполная [6].

Обеспечение достоверных прогнозов по взаимодействию на всем отрабатываемом столбе возможно при условии оперативного телеизмерения параметров смещения элементов крепи, по которым рассчитываются ста-

тистические характеристики процессов взаимодействия с использованием ЭВМ. Учитывая наличие бортовых ЭВМ на современных автоматизированных комплексах, подобный анализ может проводиться с использованием специальных программ.

На основе полученных результатов анализа может быть представлен оперативно-статистический прогноз взаимодействия крепи в различных горно-геологических условиях. Результаты анализа и оперативно-статистический прогноз взаимодействия крепи может использоваться для оперативного оптимального планирования ремонта и обслуживания механизированных комплексов, а также выбора и варьирования скорости подвигания очистного забоя, что позволит обеспечить высокий уровень безопасности в очистных забоях.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клишин Б.И. Определение параметров механизированных крепей как реалистических моделей. ФТПРИ, 1980, № 3. С. 63-73.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. — М.: Мир, 1974. — 463 с.
3. Гайдукевич В.И., Мельников А.А. Вероятностная обработка осциллограмм электрических величин. — М.: Энергия, 1972. — 111 с.
4. Ардашев К.А., Крылов В.Ф., Куксов П.И., Ткачев И.Г., Шалыгин А.С, Шик В.М. Совершенствование управления горным давлением при разработке наклонных и крутых пластов. — М.: Недра, 1967. — 287 с.
5. Журило А.А. Горное давление в очистных забоях с трудно-обрушающимися кровлями. — М.: Недра, 1980. — 124 с.
6. Комиссаров С.Н. Управление массивом горных пород вокруг очистных выработок. — М.: Недра, 1983. — 237 с. **ГИАС**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Городилов Н.Н. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник по специальности «Горные машины», доцент. Кузбасский государственный технический университет (ГУ КузГТУ), e-mail: nng47@rambler.ru.

