

# II МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

## II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОНБАССА"



**XVI** Международная научно-практическая конференция  
Автоматизация  
технологических объектов  
и процессов. Поиск молодых



**VII** Международная научно-техническая конференция  
Информатика,  
управляющие системы,  
математическое и компьютерное  
моделирование



**II** Международная научно-практическая конференция  
Металлургия XXI века глазами молодых

### Том 1. Проблемы и перспективы в горном деле и строительстве

г. Донецк 2016

**СОДЕРЖАНИЕ**

<i>Радченко А. Г., Савченко А.В., Богак М.Ю., Радченко А.А.</i> Влияние процессов флюидизации на формирование выбросоопасности песчаников, порфиритов и солей.....	6
<i>Туманов В.В., Камбурова Л.А., Лобков Н.И., Радченко А.Г., Радченко А.А.</i> Объединение научно-технического и экономического потенциалов стран Содружества – настоятельное веление времени.....	11
<i>Пылько Е.А.</i> Проблемы государственного управления структурными преобразованиями в угольной промышленности.....	15
<i>Радченко А. Г., Мартынов Г.П., Радченко А. А., Ершова Г.А.</i> Роль метаморфизма, тектоники и флюидов в формировании и проявлении выбросоопасности углей Донбасса.....	20
<i>Антипов И.В.</i> Закономерности изменения напряженно-деформированного состояния горного массива в зоне выемки угля и крепления очистного забоя...	25
<i>Балагуров А.В.</i> Моделирование геомеханических процессов в горном массиве.....	31
<i>Драган Л.А., Хохлова Е.В.</i> Классификация отказов горно-шахтного оборудования.....	36
<i>Козырь С.В., Малиновский С.В.</i> Разработка методики инструментальных наблюдений в очистном забое шахты им. М.И. Калинина.....	41
<i>Лобков Н.И.</i> Особенности формирования разрушающих напряжений в породном массиве в выработках на добычном участке.....	46
<i>Савенко А.В.</i> Сдвигание земной поверхности под влиянием очистных работ на большой глубине.....	50
<i>Талпа Б.В.</i> О возможности комплексной полной переработке горелых пород терриконигов Донбасса.....	55
<i>Соленый С.В., Ковалев А.П., Демченко Г.В.</i> Блок мониторинга и защиты узлов газоснабжения.....	58
<i>Касьяненко А.Л., Соловьёв Г.И., Малышева Н.Н.</i> Исследование особенностей деформирования пород почвы выработки, вмещающих прочный слой.....	63

<i>Овчаренко В.Л.</i>	
К вопросу о «Методике качественной и количественной оценки пере- смотра «Правил безопасности в угольных шахтах» .....	71
<i>Кременев О.Г., Дервянский В.Ю., Сергеев В.А., Овчаренко В.Л.</i>	
О методологии разработки инструкций по охране труда для рабочих подземных профессий и работников шахтной поверхности угольных шахт.....	81
<i>Кременев О.Г., Овчаренко В.Л.</i>	
Расчет эффективной дозы облучения горняков, обусловленной долго- живущими радионуклидами в угольных шахтах.....	95
<i>Кавера А.Л.</i>	
Классификация вентиляционных соединений.....	110
<i>Дрибан В.А., Хохлов Б.В.</i>	
Мониторинг вертикальных шахтных стволов при восстановлении гор- ных предприятий.....	114
<i>Горохов Е.В., Губанов В.В.</i>	
Проблемы обеспечения безопасности и долговечности высотных со- оружений горной промышленности.....	119
<i>Подтыкалов А.С.</i>	
Прогнозная оценка поведения пород кровли при выемке крутых пла- стов Донбасса.....	124
<i>Дрипан П.С.</i>	
Исследования способа закрепления анкера методом прессовой посад- ки .....	132
<i>Ворхлик И.Г., Выговская Д.Д., Выговский Д.Д., Марюшенков А.В.</i>	
Пути повышения коэффициента машинного времени работы комбайна по выемке угля – основное условие увеличения нагрузки на очистной забой.....	136
<i>Выговский Д.Д., Выговская Д.Д., Белоусов В.А.</i>	
Методика оценки сравнительной эффективности технологических схем комплексно-механизированной выемки угля.....	144
<i>Нескреба Д.А., Поляков П.И.</i>	
Основы механики разрушения несплошных сред природного массива, как фактор влияния на слоистую структуру природного массива.....	150
<i>Васютина В.В., Ульшина А.О.</i>	
Особенности геомеханических процессов при мокрой консервации шахт.....	153

<i>Севрюков А.О.</i> Влияние разрывного мелкоамплитудного нарушения на устойчивость выработки при одностороннем пересечении выработкой нарушения.....	158
<i>Соловьев Г.И.</i> Методика определения параметров продольно-балочной крепи усиления.....	163
<i>Ролдугин О.Г.</i> Новый способ и устройство для измерения смещения краевой части угольного пласта в очистных забоях.....	169
<i>Высоцкий С.П., Гулько С.Е.</i> Совершенствование технологий водоснабжения Донбасса за счет использования альтернативных источников.....	174
<i>Головнева Е.Е., Лабинский К.Н.</i> Лабораторные исследования ударных волн, возникающих при взрыве промышленных ВВ, для определения их параметров.....	183

УДК 622.272:622.833

**ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ПОВЕДЕНИЯ ПОРОД КРОВЛИ  
ПРИ ВЫЕМКЕ КРУТЫХ ПЛАСТОВ ДОНБАССА**

**А.С. Подтыкалов**

Донецкий национальный технический университет

*Предложены методы прогнозной оценки поведения пород непосредственной кровли в лавах крутых пластов Донбасса на стадии проектирования горных работ, позволяющие более обоснованно выбирать рациональные способы и средства управления горным давлением, технологические схемы очистной выемки и оперативно разрабатывать мероприятия по обеспечению эффективной и безопасной работы очистных забоев.*

Для выбора рациональных способов и средств управления горным давлением, типовых паспортов крепления лав и для составления планов мероприятий по повышению безопасности работ необходимо знать поведение пород при различных геологических и технологических условиях выемки пластов. Одними из важнейших показателей при этом являются обрушаемость и устойчивость пород непосредственной кровли.

Для крутых пластов Донбасса отсутствуют достаточно простые и надежные методы прогнозной оценки указанных показателей на стадии проектирования горных работ, поэтому для их оценки зачастую используют опыт выемки пластов в аналогичных условиях. Однако такой подход не исключает грубых ошибок, основные причины которых — использование единичного опыта, сложность сравнения признаков условий отработки лав из-за их многочисленности, большая изменчивость геологических и технологических факторов, в силу чего неизбежны отклонения условий отработки проектируемой лавы от условий лавы-аналога и др.

Для создания методики прогнозной оценки поведения пород на стадии проектирования горных работ с использованием геологоразведочных данных авторами выполнен комплекс исследований, включающий шахтные наблюдения за поведением боковых пород, экспертные оценки, сбор и обобщение сведений об условиях отработки большого числа лав.

Ввиду отсутствия в настоящее время единого подхода для отнесения пород к различным категориям по устойчивости и обрушаемости в работе приняты следующие определения и критерии для выделения раз-

личных категорий пород и соответствующая им характеристика их поведения, разработанные на основании обобщения исследований.

Обрушаемость — свойство горных пород обрушаться при обнажении — отражает механизм, схемы разрушения пород и динамические явления при их обрушениях.

По этому показателю в работе выделено 2 категории непосредственной кровли: нетруднообрушающаяся и труднообрушающаяся. Обрушение первых происходит без образования значительных завесаний в виде кусков пород различной крупности не высоту до 2,5 м. Труднообрушающиеся кровли обрушаются после обнажения на значительно больших площадях блоками высотой более 2,5 м. Их обрушения сопровождаются динамическими или воздушными ударами.

Критерием оценки устойчивости являлась их способность сохранять устойчивое состояние в течение определенного периода времени после выемки угля без коржения, вывалов, образования заколов и т. п. Нижние слои кровли по этому показателю были разделены на три категории: неустойчивые — не допускающие значительных обнажений и требующие надежного крепления сразу же после выемки угля; средней устойчивости — допускающие обнажения при выемке полосы угля в уступе или длиной до 40 м в комбайновой лаве в течение 1,5–2 часов; устойчивые — допускающие обнажения по всей длине лавы шириной до 1 м с продолжительностью более 2 часов.

Поведение пород кровли в очистных забоях по принятым показателям оценивалось путем непосредственных наблюдений в шахтных условиях, по данным геологических заключений и по результатам экспертного опроса инженерно-технических работников участка.

Информация о геологических и технологических условиях отработки лав получена по результатам непосредственных наблюдений и измерений в очистных забоях и по данным геолого-маркшейдерской и технической документации вахт.

В результате обработки полученной информации методами математической статистики и теории распознавания [2, 3] были разработаны таблицы для прогнозной оценки обрушаемости (табл. 1) и устойчивости непосредственной кровли (табл. 2).

Процесс оценки возможного поведения пород с использованием этих таблиц весьма прост и заключается в последовательном суммировании прогностических коэффициентов (ПК), соответствующих признакам условий отработки конкретного очистного забоя. Суммирование начинается с ПК априорной вероятности ПК(АВ) и далее в порядке перечисления факторов в таблице и продолжается до тех пор,

пока не будут достигнуты или превышены теоретические пороговые значения.

Таблица 1 — Оценка обрушаемости непосредственной кровли

<b>Альтернатива: нетруднообрушающаяся или труднообрушающаяся кровля</b>		
Факторы	Диапазоны (признаки)	ПК
Прогностический коэффициент априорной вероятности ПК(АВ)		
Коэффициент крепости пород непосредственной кровли по Протоdjяконову	≤ 3,0	+54
	3,1—4,0	+20
	4,1—5,0	+11
	5,1—6,0	-33
	≥ 6,1	-58
Литологический состав непосредственной кровли	Глинистые сланцы	+28
	Песчано-глинистые сланцы	+8
	Песчаные сланцы	-21
	Песчаник, известняк	-62
Мощность непосредственной кровли, м	≤ 1,0	+60
	1,01—2,0	+32
	2,01—2,5	+2
	2,51—3,5	-6
	≥ 3,51	-24
Скорость подвигания очистного забоя, м/сут	≤ 1,5	+11
	1,6—1,8	-1
	≥ 1,9	-42
Угол встречи линии очистного забоя с направлением основной трещиноватости, градус	≤ 10	+43
	11—20	+10
	21—25	0
	≥ 26	-12
Степень метаморфизма пород, соответствующая маркам угля	Д, Г, Ж, К	+10
	ОС, Т, А	-31
Коэффициент крепости пород непосредственной почвы	≤ 4	+21
	4,1—5,0	+7
	≥ 5,1	-17
Направление падения трещин при угле встречи до 25°	На забой	-19
	На завал	+30
Характер отработки пласта	Одиночный	-8
	Надработан	+16

## Проблемы и перспективы в горном деле и строительстве

	Подработан	+26
Конфигурация линии забоя	Прямолинейная	-11
	Уступная	+9

Таблица 2 — Оценка устойчивости непосредственной кровли

<b>Альтернатива I</b> <b>(устойчивая или среднеустойчивая/неустойчивая кровля)</b>		
Факторы	Диапазоны (признаки)	ПК
ПК(АВ)		-60
Коэффициент крепости пород основной кровли по Протодяконову	≤4,5	+46
	4,6—5,7	+24
	5,8—8,0	-28
	≥8,1	-43
Литологический состав непосредственной кровли	Глинистые и песчано-глинистые сланцы	-42
	Песчаные сланцы	-27
	Песчаник, известняк	+40
Коэффициент крепости пород непосредственной кровли по Протодяконову	≤5,0	-47
	5,1—8,0	-25
	8,1—10,0	+4
	≥10,1	+19
Мощность непосредственной кровли, м	≤6	-32
	6,01—9,0	-20
	9,01—14,0	+5
	≥14,01	+30
Скорость подвигания очистного забоя, м/сут.	≤1	-20
	1,1—1,5	-12
	1,6—2,1	+18
	≥2,2	+41
Коэффициент крепости угля	≤1,4	-18
	≥1,5	+21
Глубина разработки, м	≤440	+25
	441—880	0
	≥881	-16
Угол встречи основной системы трещин пород кровли с линией очистного забоя, градус	≤15	-20
	≥16	+9
Угол падения пласта, градус	≤62	-6
	≥63	+11
Характер отработки пласта	Одиночный	+5
	Наработан, подработан	-21
Направление падения трещин основной системы при угле встречи до 15 градусов	На забой	+11
	На завал	-10
Мощность пласта, м	≤0,6	+21
	0,61—0,95	0
	≥0,96	-9



## Проблемы и перспективы в горном деле и строительстве

Степень метаморфизма пород, соответствующая маркам угля	Д, Г, Ж, К	-10
	ОС, Т	+9
Порядок отработки лав	Коренная, выше отработана	+10
	Ниже отработана, отработана с обеих сторон	-6
<b>Альтернатива II (средней устойчивости или неустойчивая кровля)</b>		
Факторы	Диапазоны (признаки)	ПК
ПК(АВ)		-6
Коэффициент крепости пород непосредственной кровли по Протоdjяконову	$\leq 5,0$	-31
	5,1-7,5	+26
	$\geq 7,6$	+41
Литологический состав непосредственной кровли	Глинистые сланцы	-32
	Песчано-глинистые сланцы	+14
	Песчаные сланцы	+36
	Песчаники, известняки	+48
Степень метаморфизма пород, соответствующая маркам угля	Д, Г, Ж, К	-21
	ОС	+16
	Т	+39
Глубина разработки, м	$\leq 600$	+46
	601-820	+14
	$\geq 821$	-27
Мощность пласта, м	$\leq 0,6$	+40
	0,61-1,2	-7
	$\geq 1,21$	-36
Мощность непосредственной кровли, м	$\leq 2,5$	-21
	2,51-6,0	-5
	6,01-11,0	+19
	$\geq 11,01$	+53
Угол падения пласта, градус	$\leq 54$	-18
	55-63	-4
	$\geq 64$	+33
Коэффициент крепости пород непосредственной почвы по Протоdjяконову	$\leq 3,5$	-24
	3,6-5,0	-10
	$\geq 5,1$	+17
Направление падения трещин основной системы при угле встречи до 30 градусов	На забой	+11
	На завал	-16
Скорость подвигания очистного забоя, м/сут.	$\leq 1,2$	-8
	$> 1,2$	+16
Конфигурация забоя	Прямолинейный	+16
	Уступный	-6
Угол встречи основной системы трещин пород кровли с линией очистного забоя, градус	$\leq 15$	-14
	16-30	-5
	$\geq 31$	+6
Характер отработки пласта	Одиночный	+7
	Надроботан, подработан	-9
Порядок отработки лав	Коренная	+17

	Выше отработана, ниже отработана, отработана с обеих сторон	-4
--	---	----

Для таблицы 1 эти значения равны  $\pm 86$ . При достижении или превышении порога  $+86$  породы непосредственной кровли следует отнести к нетруднообрушающимся, а при достижении или превышении порога  $-86$  — к труднообрушающимся.

Если в процессе суммирования теоретические пороги не были достигнуты, то итоговую сумму ПК необходимо сравнить с эмпирическим пороговым значением, равным для этой таблицы  $+29$ . При равенстве или превышении суммой ПК указанного значения решение выносится в пользу нетруднообрушающихся пород, а если она оказалась меньше — в пользу труднообрушающихся.

Для табл. 2 значения теоретических порогов равны  $\pm 90$ . Суммирование прогностических коэффициентов производится в порядке перечисления факторов в таблице, начиная с альтернативы I, и продолжается до тех пор, пока не будет достигнут или превышен теоретический порог ( $\pm 90$ ). При достижении или превышении порога со знаком «плюс» породы кровли относятся к устойчивым, а со знаком «минус» — переходят к суммированию коэффициентов по альтернативе II, процесс принятия решений по которой аналогичен. В этом случае при достижении или превышении порога  $+90$  породы кровли относятся к среднеустойчивым, а при достижении или превышении порога  $-90$  — к неустойчивым.

В случае, когда при суммировании прогностических коэффициентов теоретический порог после использования всех представленных в таблице факторов так и не достигается, итоговая сумма сравнивается с соответствующим эмпирическим порогом. Значения этих порогов для табл. 2 равны  $+28$  и  $+13$  (для альтернатив I и II соответственно).

Процесс выбора решений рассмотрим на примере.

Оценим поведение кровли в 27-й восточной лаве шахты им. Калинина. Мощность пласта  $1,04$  м, угол падения  $52^\circ$ , глубина разработки —  $970$  м, марка угля ОС, крепость его  $1,4$ . Непосредственная кровля — глинистые сланцы (мощность  $2,6$  м, крепость  $4$ ), угол встречи линии очистного забоя с направлением основной трещиноватости кровли  $0^\circ$ , направление падения трещин — на забой; основная кровля — песчаник (мощность  $4,3$  м, крепость  $8$ ); непосредственная почва — песчаные сланцы (крепость  $7$ ). Длина лавы  $128$  м, суточная скорость ее подвигания  $0,9$  м; забой потолкоуступный; пласт надработан.

Обрушаемость кровли оценим по табл. 1, для чего выбираем из нее ПК, соответствующие значениям факторов в лаве, и суммируем

их: сумма ПК= +111 > + 86 достигнута при использовании пяти факторов, т. е. породы непосредственной кровли следует отнести к нетруднообрушающимся.

Устойчивость непосредственной кровли оценим по таб. 2. Начинаям в альтернативы I: сумма ПК уже на втором факторе равна –130 и превышает теоретический порог –90, следовательно необходимо перейти к суммированию ПК по альтернативе II. В этом случае сумма ПК по шести первым факторам оказывается равной –92 и превышает пороговое значение –90. Следовательно породы непосредственной кровли следует отнести к неустойчивым.

В сконцентрированном виде в таблицах 1 и 2 содержатся обобщенные данные об условиях отработки 150 очистных забоев (группа обучения), отобранных случайным образом из обследованных 229 забоев.

Материал по оставшимся 79 лавам, представляющим собой контрольную группу, не использовался при разработке прогностических таблиц, а применялся в дальнейшем для оценки их достоверности и эффективности, результаты которой представлены в табл. 3.

Таблица 3 — Достоверность результатов прогнозных оценок

Прогнозируемый показатель	Процент ответов					
	Группа обучения (150 лав)			Группа контроля (79 лав)		
	Правильные	Ошибки I рода	Ошибки II рода	Правильные	Ошибки I рода	Ошибки II рода
Обрушаемость непосредственной кровли	84,9	8,6	6,5	89,3	4,6	6,1
Устойчивость непосредственной кровли	83,4	8,7	7,9	86,0	8,9	5,1

К ошибкам I рода отнесены такие, когда в результате прогнозной оценки состояния пород в лаве по табл. 1 они будут отнесены к труднообрушающимся, а по табл. 2 — к менее устойчивым, в то время как в действительности они будут нетруднообрушающимися или более устойчивыми, а к ошибкам II рода — противоположные (по табл. 1, 2 прогнозируется нетруднообрушающаяся или более устойчивая кровля, а в действительности она окажется труднообрушаемой или менее устойчивой). Поскольку ошибки I рода не приводят к опасным последствиям, осложняющим функционирование очистных забоев, надежность выбора решений с помощью представленных распознающих систем повышается до 93,5% и 93,9% соответственно. Ориентируясь

на результаты проверки таблиц по контрольной группе выработок, наиболее объективно отражающие истинную надежность распознавания, она повышается до 93,9% и 94,9%. Такие показатели надежности позволяют отнести разработанные системы к числу весьма эффективных, как по причине отсутствия других более надежных методов прогноза, так и по причине того, что они удовлетворяют требованиям, предъявляемым к надежности решения абсолютного большинства инженерных задач.

Предлагаемые методы прогнозной оценки поведения пород непосредственной кровли в лавах крутых пластов Донбасса приемлемы для практического применения при составлении проектов подготовки и отработки вновь вводимых лав на действующих шахтах, при проектировании новых горизонтов во время реконструкции шахт, составлении геологических заключений и паспортов крепления и управления кровлей в лавах. Они позволяют более обоснованно выбирать рациональные способы и средства управления горным давлением, технологические схемы очистной выемки и будут способствовать оперативной разработке мероприятий по обеспечению эффективной и безопасной работы лав.

### Список литературы

1. Единая инструкция по управлению горным давлением в очистных забоях и охране пластовых штреков на крутых пластах украинского Донбасса. – Донецк, 1974. 138 с.
2. Фрумкин Р. А. Методика прогнозирования процессов со многими параметрами и ее приложение в горном деле. – Уголь, 1973, № 1, с. 16–22.
3. Фрумкин Р. А., Окалелов В. Н. Методика выбора решений в условиях неопределенности. – Изв. вузов. Горный журнал, 1980, № 2, с. 24–30.