

**РЕГЛАМЕНТЫ УПРОЧНЕНИЯ ПОРОД ПЛОСКИХ ПОТОЛОЧИН  
КАМЕР АНКЕРНОЙ СТЯЖНОЙ КРЕПЬЮ**

Викладені геомеханіка деформування та зміцнення покрівель камер гіпсових шахт анкерним стяжним кріпленням

**REGULATIONS OF CONSOLIDATING OF ROCKS FROM CHAMBERS'ES  
FLAT RIDGE BY ANCHOR SWIPED TIMBERING**

The geomechanic deformation and consolidating of chambers'es of gipseous mines by the anchor swiped timbering is expounded

В широком спектре горно-технических условий месторождений гипса [1], пильных известняков [2], калийных руд и солей [3] отработка мощных пластов ведется камерно-столбовыми системами с неограниченно долгим поддержанием открытых выработанных пространств для целей повторного их использования как уникальных подземных сооружений. Как правило, устойчивость потолочин камер и целиков обеспечивается выбором рациональных их параметров. Однако, высокая литологическая и механическая неоднородность пород (табл. 1), влияние технологических и реологических процессов на состояние вмещающих камеры пород, приводит к расслоению и обрушению защитных предохранительных пачек потолочин камер, деформированию, а иногда и к разрушению целиков. Это обуславливает необходимость применения дополнительных инженерных мер для повышения устойчивости потолочин камер и боковых поверхностей целиков.

Анализ показывает [1-3], что линейные размеры пролетов камер и целиков при разработке указанных месторождений в зависимости от свойств пород и мощности пластов изменяются в больших пределах (табл. 2): пролеты камер – от 7 до 17 м, а высота целиков варьирует от 3 до 40 м. При этом минимальные сечения камер составляют 30-70 м<sup>2</sup>, средние – 150-200 м<sup>2</sup>, достигая в максимуме – 500-700 м<sup>2</sup>. Это обстоятельство определяет главную предпосылку выбора инженерных решений по охране выработанных пространств больших сечений управляемое воздействие на окружающий камеры породный массив должно быть связано с применением охранных конструкций неопределенных размеров. К числу таких конструкций относятся анкерные крепи, и в частности анкерные стяжные (АСК) [4].

Обобщение результатов визуальных наблюдений и инструментальных измерений позволяет сделать выводы, которые углубляют представление о механизме протекания геомеханических процессов в массиве пород при камерно-столбовой системе разработки и составляют базу для обоснования технологии повышения устойчивости ее элементов, в том числе и анкерными системами. Механизм работы потолочин вытекает из наблюдений за деформациями и обрушениями пород в камерах гипсовых, соляных, калийных и известняковых шахт.

Таблица 1 – Горно-геологическая характеристика месторождений гипса

Месторождение	Глубина залегания, м	Индекс и строение пласта	Мощность, м			Угол залегания, град	Покрывающие породы					Подстилающие породы	
			max	min	средняя		непосредственная кровля	мощность, м	основная кровля	мощность, м	непосредственная подошва	мощность, м	
Артемовское месторождение гипса	99 – 111	I – VIII V-сложное	25,2	5,8	18,3	3–7	аргиллит	1,0–14,0	алевролит, доломит	3,5–5,0	алевролит, доломит	0,5–5,0	
Новомосковское месторождение гипса	120 - 130	I – VIII сложное	19,0	9,0	14,0	0-2	доломит, известняк	1,4–2,0 0,3–1,0	глина, известняк	20–40	доломит	8–10	
Бебяевское месторождение гипса	46 – 77	I-простое	9,0	1,0	4,2	0-3	доломит	8-12	алевролит	25-50	ангидрит	2,0-2,1	
	50 – 81	III-сложное	12,4	0,3	4,4		ангидрит	2,0-2,1	известняк	25-50	доломит	2,2-2,5	
	59 – 90	V + VI	12,5	2,7	6,6		доломит	2,2-2,5	известняк	25-50	доломит	2,0	
	73 – 104 82 - 113	VIII X	19,0 12,3	6,8 6,6	12,0 7,0		доломит доломит	2,0 2,3	известняк известняк	25-50 25-50	доломит доломит	2,3 3,2	
Камско-Устьинское месторождение гипса	80 – 90	III-простое	7,5	3,0	4,5	0-1	мергель, доломит	3,0-6,0	песчаник	3,0-4,5	доломит	15-18	
	100 - 130	IV-сложное	13,5	10,0	12,5	0-1	доломит	3,0-5,0	доломит	15-18	доломит	16-20	
Порецкое месторождение гипса и ангидрита	50 – 60	I-гипс	28,2	10,0	16,3	0-2	доломит		доломит	30-35	ангидрит,	0-19	
		II-ангидрит	19,0	0	9,8		гипс		гипс	10-28	гипс	3,6-13,8	
		III-гипс	13,8	3,6	5-10		ангидрит		ангидрит	0-19	доломит	1,2-3,0	
		VI-доломит V-гипс	3,0	1,2	2,0		гипс		гипс	3,6-13,8	гипс	5,3	
		IV-доломит VII-гипс	3,3	1,2	2,0		доломит гипс	1,2-3,0	доломит гипс	1,2-3,0	доломит гипс	1,2-3,3 4,7-10,8	
			10,8	4,7	7,4		доломит		доломит	1,2-3,3			

Таблица 2 – Параметры камерно – столбовой системы разработки гипса

Предприятие	Глубина залегания, м	Мощность пласта, м	Угол залегания, град	Высота камер, м	Высота уступов, м	Ширина камеры, м	Мощность защитной пачки, м	Размеры целика, м	Коэффициент извлечения
ЗАО «Лафарж Гипс»	110	25	3 - 7	15 - 18	I – 7 – 9 II – 8 - 10	8 - 10	5,5	12 × 30 10 × 200	0,55
ОАО «Гипс Кнауф» Новомосковск	120 - 130	19	0 - 2	9 - 11	I – 2,5 – 4,0 II – 6,5 – 7,0	10 - 12	6,5-8,5	10 × 50	0,55
Пешеланская гипсовая шахта «Декор – 1»	90	12,5	0 - 3	3 - 4	I – 3,5 – 4,0 II – 4,0	10	1,7	12 × 20	0,55
Камско-Устьинский гипсовый рудник	100 - 130	13,5	0 - 1	10 - 12	I – 6,0 – 7,0 II – 4,5 – 5,0	12	0	20 × 30	0,49
Порецкий гипсово-ангидритовый комбинат	50 - 60	25 - 35	0 - 2	18,0-25,0	-	11	8,5	20 × 200	0,347
Таверни (Франция)	45 - 80	9 - 12	0	7,5 – 9,5	-	8	2	16 × 16	0,40 – 0,65
Обригейм (ФРГ)	-	12 - 13	2	11,5 - 12,5	I – 7 – 8 II – 4,5	10	-	8 × 15	0,74
Драмбо Майн (Канада)	116	1,5 – 2,4	5			6	-	6 × 6	-
«Кошава» (Болгария)	290	20	0	12	-	7	3	15 × 17	0,36 – 0,40
Шоалс (США)	105 - 158	30	6	3,6 – 5,2	-	7,5 - 9	-	6 × 9	
Порт – Марон (Франция)	70 - 80	8	1	6	-	7,5	2	6,5 × 6,5	0,70

Установлено пять возможных типа развития деформационных процессов в породах защитных пачек потолочин. При одной технологии отработки пластов определяющими в этих процессах является: структура и прочность, слоистость и трещиноватость пород, наличие геологических нарушений и условия нагружения породного массива. При более однородных породах в зависимости от пролета камер может иметь место локальное симметричное или асимметричное куполение, сливающееся в единый свод естественного равновесия, формирующиеся над камерой. В слоистых породах свод имеет ступенчатую форму с уменьшением его пролета в глубь массива. На таких участках с развитой трещиноватостью образуются блочные многослойные породные системы. В слабых породах и зонах геологических нарушений имеет место разрушение защитных пачек потолочины в виде трапеций, обращенных большим основанием в сторону массива. В зонах замещения пород и весьма ослабленных по слоям

связей обрушение пород потолочин происходит по плоскостям их контакта. Такой характер деформаций и обрушения пород потолочин наблюдается как при отработке камерного запаса, так и спустя длительное время после проведения добычных работ.

В зависимости от условий, расслоение пород в потолочине камер гипсовых шахт критическое – достигает 10-15 м (пролет камеры до 16,0 м), обрушение слоев наблюдается при относительной деформации  $2,3 \cdot 10^{-3}$ , что более чем в 3 раза превышает относительную величину ( $7 \cdot 10^{-4}$  образцов из гипса до начала трещинообразования). Мощность отслаивающихся пачек пород в потолочине камер составляет 0,3-0,8 м, в единичных случаях 1,2 м (шахты пильных известняков), весьма редко при формировании свода естественного равновесия – 2,5-3,5 м (соляные шахты). Объемное развитие зон разрушения пород более выражено вокруг выработок на калийных шахтах, причем прослеживаются две зоны повышенной трещиноватости (дезинтеграции) пород: ближняя на удалении до 2,0 м от контура выработки и дальняя в глубине массива на расстоянии от 5 до 7 м. Таким образом, состояние приконтурного массива потолочин камер характеризуется как поверхностной, так и глубинной неустойчивостью. Поверхностная неустойчивость проявляется в форме обрушений, площадь которых в различных камерных выработках варьирует в больших пределах: от 20-50 м<sup>2</sup> до 200-500 м<sup>2</sup>. Описанные закритические формы развития деформационных процессов являются запредельными и нежелательными при длительной эксплуатации камер. Безусловно, они не являются единственно возможными вариантами и могут проявляться в различных комбинациях. Однако стадии протекания процессов характеризуются общностью и для всех их, может быть, предложен следующий механизм работы потолочин.

Учитывая [1] и изложенное, можно предположить, что деформирование и обрушение пород в потолочинах камер, происходит по трещинам, параллельным плоскостям обнажения, возникающим под действием растягивающих напряжений, вызываемых горизонтальными напряжениями сжатия и собственным весом пород над камерами. Трещины отрыва (прерывность по слоям) в глубине массива имеют развитие по ослабленным межслоевым контактам. Места их концентрации в массиве определяются расположением эпицентральных зон снижения прочности пород, порождаемыми асимметрией разгрузки напряжений по плоскости потолочины, которые ответственны за работу нижней отслаивающейся изгибающейся породной плиты или форму образования свода естественного равновесия.

Принимая во внимание механизм разрушения и сводообразования пород в потолочине плоских камер гипсовых шахт, разработаны 3 схемы управления потолочины анкерной стяжной крепью (АСК).

Конструктивно АСК представляет собой стержневую систему, состоящую из двух анкеров длиной 2-3 м, устанавливаемых под определенным углом (45-60°) к поверхности контура выработки, которые с помощью стяжек и форкопфа (переносного домкрата) натягиваются между собой. Усилия натяжения в стяжках через подкладки передаются на массив в виде воздействий на него, что

обеспечивает подвязку и сшивку слоев (в потолочине), упрочнение массива (в целика) и формирует в породах зоны сжатия, чем повышается поверхностная и глубинная устойчивость обнаженного массива.

В табл. 3 приведены схемы возведения АСК в камерах с различными пролетами и при разных механизмах деформирования нижнего слоя и защитной пачки потолочины. В горно-технологическом плане можно указать на следующие особенности упрочнения потолочины. При однородных породах с осесимметричным деформированием массива нижнего слоя допускается возведение одного комплекта крепи (Т.1). В случаях прогнозного вывалообразования по середине камеры возводятся два комплекта АСК, которые создают геомеханический план запирания пород защитной пачки (Т.2, Т.3).

Схемы Т.1 и Т.3 реализованы для повышения устойчивости потолочин камер на Артемовской и Пешеланской гипсовых шахтах.

Таблица 3 – Схемы возведения АСК

№ схемы	Схема возведения анкерной стяжной крепи	Характеристика условий		Характер деформирования потолочины
		Литология потолочины	пролет камеры	
Т1		однородные или слоистые прочные гипсы	$7 \leq l \leq 9$	осесимметричное деформирование с максимальным прогибом по геометрическому центру кровли
Т2		крупнослоистые или мелкослоистые гипсы с ортогональными трещинами в потолочине	$8 \leq l \leq 10$	площадное деформирование несущего слоя с образованием контактирующих по трещинным зонам многоугольников
Т3		массивные, скрытослоистые гипсы, склонные к сводообразованию	$9 \leq l \leq 11$	начальное формирование связано с нарушением целостности несущего слоя по середине камеры

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геомеханика подземной добычи гипса. – Киев: Наук. думка, 1985. – 216 с.
2. Демченко И.И., Спиваков Ф.П. Повышение эффективности и безопасности подземной разработки пильных известняков. – Кишинев: «Карят Молдовянеске», 1982. – 194 с.
3. Пермяков Р.С., Романов В.С., Бельды М.П. Технология добычи солей. – М.: Недра, 1981. – 272 с.
4. Булат А.Ф., Усаченко В.Б., Левит В.В. Перспективное направление создания охранных конструкций горных выработок с использованием анкерных натяжных систем // Геомеханическая механика. – 1997. - № 3. – с. 3-10.