

тивными являются геофизические, которые выделились в отдельное направление - методы горной геофизики. Их можно разделить на две основные группы: методы и средства диагностики породного массива, позволяющие вести дискретные измерения, и методы контроля, предназначенные для непрерывных наблюдений [5,6]. Гидрогеологические процессы - быстроизменяющиеся, обладают определенной внезапностью и, в то же время, трудно поддающиеся локальному контролю, поэтому предпочтение следует отдавать расчетным методам прогноза водопритоков с уточнением характера последствий на основе методов оперативного геофизического экспресс-контроля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирничанский Г.Т. Исследование и разработка методов определения свойств горных пород и математического моделирования как основ прогнозирования устойчивости выработок: Дис...канд.техн.наук: 01.02.07.- Днепропетровск, 1979.- 204 с.
2. Овчаренко Б.П. Механизм трещинообразования в кровле угольных пластов.- Л.: Изд-во Ленинградского у-та, 1983.-172 с.
3. Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование проявлений горного давления.-М.: Недра, 1982.- 189 с.
4. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. - М.: Недра, 1987.-221 с.
5. Электрометрический контроль пространственно-временной изменчивости литосферы вблизи геомеханических объектов / Т.А. Паламарчук, В.А. Земба, В.Н. Сергиенко, Е.А. Слащева. Сб. науч. тр. НГАУ. - Днепропетровск: НГАУ.-1998.-№3.-Т. 5.-С.168-171.
6. Руководство по геофизической диагностике состояния системы "крепь - породный массив" вертикальных стволов: Дополнение к "Пособию по восстановлению крепи и армировки вертикальных стволов. РД 12.18.073-88" / Булат А.Ф., Усаченко Б.М., Яланский А.А. и др.: Донецк: ООО "Лебедь", 1999. - 42 с.

**УДК 622.016.25: 533.072**

**З.Р. Маланчук**

### **МЕТОД РАСЧЕТА ПОТОЛОЧНЫХ ВЫЕМОЧНЫХ КАМЕР И МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Наведено результати випробувань параметрів виймальних камер на розсипних родовищах під дією скважинної гідротехнології

### **DETERMINATIONS OF FULLNESS AND QUALITIES EXTRACTION USEFUL COMPONENT BY LA DEPOSIT METHOD ROCK-HOLE HYDROTECHNOLOGY**

There're given brought results of studies on the determination of parameters of gaining cameras which lie in loosing deposits under rock-hole hydrotechnology

Спецификой метода скважинной гидротехнологии добычи полезных ископаемых россыпных месторождений является использование в качестве рабочего агента воды, способной переводить полезное ископаемое на месте залегания в подвижное состояние.

Таким образом, оставляемый после выемки полезного ископаемого массив, подверженный искусственному обводнению, становится нестабильным. Отсюда правильно построенная схема расчета механического поведения кровли выемочных камер должна учитывать как временной фактор, так и измененные условия заделки подземных конструкций – потолочины и целика. Первое условие

обеспечивается линейной экстраполяцией во времени результатов моделирования на эквивалентных материалах. Удовлетворение второго условия достигается корректировкой результатов моделирования теоретическими расчетами, которые позволяют учесть количественное и качественное изменение условий заделки. Расчет основывается на условии равновесия внешних и внутренних сил в кровле выемочной камеры в устойчивом состоянии. Механическое поведение массива при технологическом воздействии систем формально можно моделировать состояниями потолочины и целиков, как основных несущих элементов.

Применение систем опробования и разработки теоретически возможно до глубины, на которых величина горного давления становится равной прочности массива горных пород на сжатие

$$H \leq H_{np} = \frac{\sigma_{сж} \cdot K\phi}{\gamma}, \quad (1)$$

где  $H_{np}$  – предельная глубина применения систем;  $\sigma_{сж}$  – предел прочности пород на сжатие;  $\gamma$  – плотность пород;  $K\phi$  – коэффициент формы целика для ленточного целика;  $K\phi = 1,0$  для звездообразного  $K\phi = 0,7$ .

При средних значениях предела прочности пород на сжатие  $\sigma_{сж} = 22,5 \cdot 10^5$  Па и плотности пород  $2,08 \cdot 10^4$  т/м<sup>3</sup> критическая глубина применения систем с оставлением ленточных целиков составит 108 м, систем со звездообразными целиками - 76 м.

Результаты моделирования были подвергнуты математическому анализу и на этом основании установлены связи между предельным пролетом кровли и глубиной разработки

$$L_{np} = 471 \cdot H^{-0,76}. \quad (2)$$

Расчетные значения устойчивости пролета кровли выемочных камер для предельного случая хорошо согласуются с результатами моделирования.

По своей технологической сути целик предназначен прежде всего воспринимать нагрузку от налегающих пород. Следовательно, материал целика в механическом смысле работает на сжатие, т.е. в наиболее благоприятном с точки зрения устойчивости режиме. Тем не менее существование свободных поверхностей при одноосном сжатии создает предпосылки возникновению скалывающих напряжений по площадкам скольжения, которые и будут приняты в качестве критерия разрушения материала целика. Такая концепция лежит в основе теории предельного равновесия. Теория позволяет разрешать однозначно систему уравнений равновесия среды, включив в нее условие предельного состояния, использование которого позволяет исключить в решении задач на устойчивость изучение условия деформирования. Это существенно упрощает задачу, так как существующие гипотезы работают только в определенных узких условиях и только их трудоемкий синтез позволяет строить полные модели механического поведения массива горных пород.

В предварительном оформлении стенки целика будем считать отвесными, вдоль которых нагрузка будет отсутствовать, а отпорное давление создается исключительно за счет сцепления пород массива.

Предельная возможная глубина формирования целиков с отвесными стенками высотой  $X_{ц}$  определяется по зависимости

$$H_{np} = \frac{\theta}{\lambda} \left( \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) - X_{ц} . \quad (3)$$

Изменение механических свойств массива во времени произведено через параметр среды  $\theta = \frac{C}{\operatorname{tg} \varphi}$ , в формировании которого участвуют  $\varphi$  и  $C$ .

На этом основании рекомендуется к использованию зависимость, представленная параметром  $\theta$  от времени  $t$ :

$$\theta_T = 110,5 - 19t \quad (4)$$

Из выражения (4) можно оценить степень участия в формировании устойчивости массива таких факторов, как время и глубина опробования (разработки). При этом запас устойчивости в 1 час эквивалентен уменьшению глубины на 19 м. Практически это означает, что ранее выполненные расчеты для устойчивых параметров соответствуют начальному моменту существования камеры.

Учитывая зависимость показателя  $\theta$  пород от угла откоса стенок целика и для обеспечения устойчивости на требуемое время для определенной глубины (при отсутствии других мероприятий по упрочению целиков или улучшению условий их «работы»), рекомендуется формировать угол откоса целика со значением

$$\beta = \frac{90 \cdot \operatorname{ctg}^{\varphi}}{\pi} \ln \left[ \frac{\gamma \cdot H}{\theta_T} \left( \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right) \right] . \quad (5)$$

Приведение в подвижное состояние полезного ископаемого осуществляется с помощью рабочего агента, который подается в выемочную камеру с помощью скважинных гидромониторов (СГ), добычных гидромониторов (ДГ) и агрегатов скважинной гидродобычи (АСГ).

В первом случае скважины, пройденные через налегающие породы, обсаживаются, оборудуются СГ, работающими в автоматическом режиме. Основное назначение скважинных гидромониторов – размыв полезного ископаемого. Выгонку образовавшейся пульпы гидромониторы не производят. Обсадная колонна труб в совокупности с СГ – необходимый элемент конструктивного оформления систем с магазинированием.

Добычные гидромониторы, в конструкцию которых входит гидромониторная насадка и став труб для подачи рабочего агента, применяются в основном в системах скважинной гидротехнологии и служат для размыва полезного иско-

паемого и выгонки образовавшейся пульпы в выпускные выработки. Отличительная особенность добычных гидромониторов от скважинных гидромониторов – их универсальность, позволяющая производить размыв через вертикальные, наклонные и горизонтальные скважины.

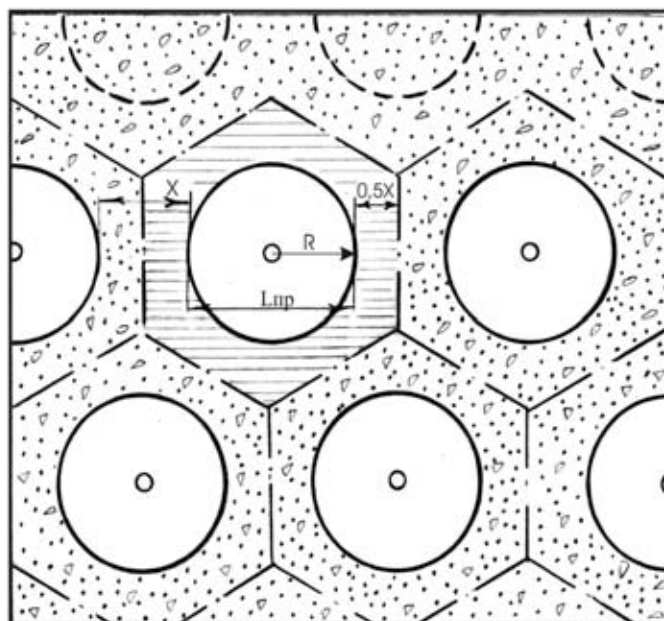


Рис.1. - Схема к расчету параметров выемочных камер круглых и междуканальных целиков без последующей закладки очистного пространства

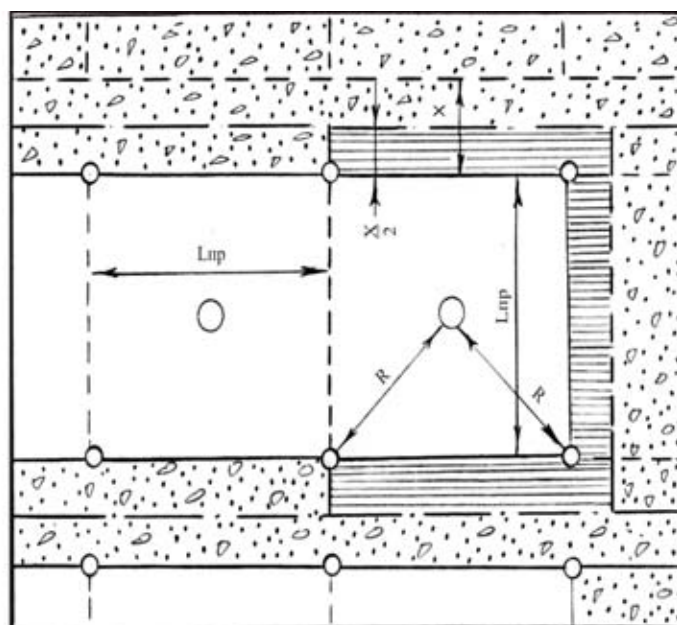


Рис. 2. - Схема к расчету параметров выемочных камер квадратных и междуканальных целиков без последующей закладки очистного пространства

Агрегаты скважинной гидродобычи конструктивно выполнены как единый механизм, включающий гидромонитор и гидроэлеватор и являются основным добычным оборудованием в системах скважинной гидротехнологии где необ-

ходим подъем пульпы на поверхность.

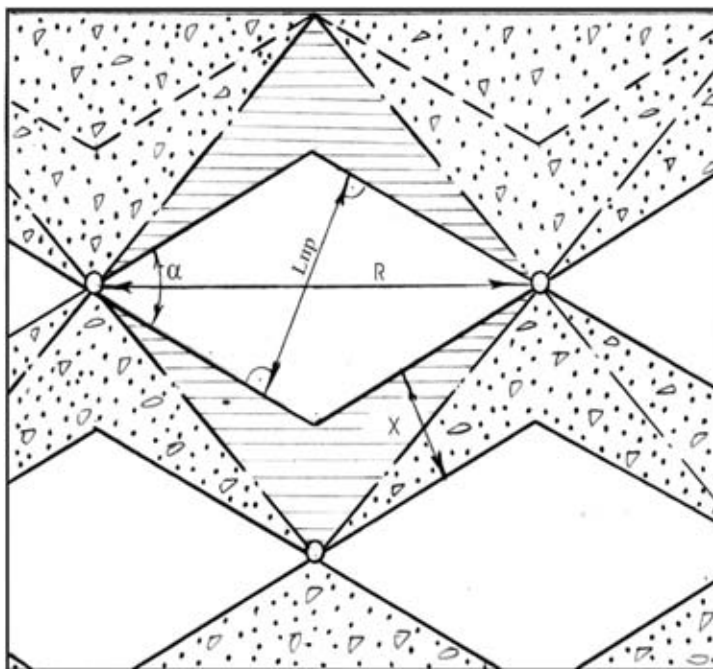


Рис. 3. - Схема к расчету параметров выемочных камер ромбовидных и междукамерных щеликов без последующей закладки очистного пространства

Присущая добычному оборудованию общая цель - приведение полезного ископаемого на месте залегания в подвижное состояние с помощью рабочего агента, подаваемого в камеру, ограничена рамками решаемых задач по процессам очистной выемки. Существующие конструкции скважинных гидромониторов позволяют выполнить контур камеры только круглого сечения. Добычные гидромониторы и агрегаты скважинной гидродобычи позволяют производить размыв полезного ископаемого секторами. Например, если камера обрабатывается одним ДГ, СГ или АСГ сечение ее будут иметь форму круга (рис. 1). Обработка камеры двумя взаимодействующими ДГ или АСГ по технологическим аспектам (снижение потерь при размыве и гидротранспорте) ведет к формированию ее в виде ромба (рис. 2), малая ось которого регламентирована горным давлением, а большая, на которой расположены ДГ и АСГ, качественными и количественными параметрами воздействия рабочего агента на полезное ископаемое. При отработке камер тремя взаимодействующими АСГ или ДГ контуры принимают форму правильного шестиугольника со структурной единицей третьей части - ромбом. В случае неустойчивой кровли, в центре камеры оставляется звездообразный щелик. Камера с тремя взаимодействующими агрегатами исключена из рассмотрения, так как структурной единицей ее является ромб с присущими достоинствами и недостатками ромбовидных камер.

Обработка камер четырьмя взаимодействующими ДГ или АСГ ведет к образованию ее контура в виде звезды (рис. 3). Нерациональная форма камеры по условиям управления горным давлением компенсируется факторами, благоприятствующими гидротранспорту полезного компонента большой гидравлической крупности. Камера квадратного сечения, которая форми-

руется четырьмя или пятью взаимодействующими АСГ и ДГ (рис. 4), наиболее рациональная по способам управления горным давлением и экономическим показателям.

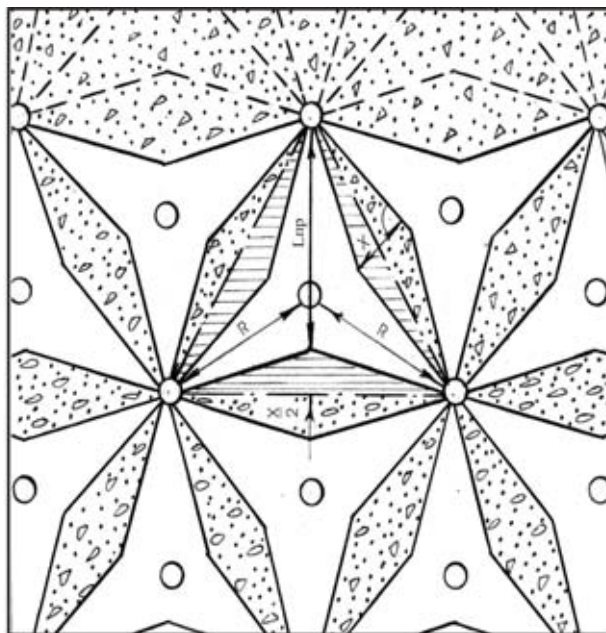


Рис. 4 - Схема к расчету параметров выемочных камер звездообразных и междукамерных целиков без последующей закладки очистного пространства

Особенности разведки и разработки талых месторождений состоят в том, что в диапазоне глубин от 0 до 50 м междукамерные целики формируются с отвесными стенками, а в диапазоне глубин от 50 до 100 м, целики формируются с подпором под углом  $\beta$ , который устанавливается из выражения (5) с учетом изменения во времени механических свойств массива согласно (2).

Для снижения потерь полезного ископаемого технологиями предусматривается отработка междукамерных целиков (вторая стадия) с последующей закладкой очистного пространства выемочных камер отходами обогатительных установок.

С увеличением глубины, изменением горно-геологической характеристики месторождения наступит предел, когда ширина целика  $X$  превзойдет предельный пролет выемочной камеры  $L_{np}$  т.е.  $X > L_{np}$ . Для этих глубин рекомендуется переходить для отработки междукамерных целиков от систем с открытым очистным пространством к системам с креплением, т.е. в целом для месторождения к комбинированным системам.

В таблице 1 **представлены аналитические зависимости** для установления объемов выемочных камер и междукамерных целиков, приходящихся на выемочную камеру соответствующей формы.

На глубинах свыше 50 м объемы упрочняющей призмы могут оказаться значительным, что поставит под сомнение целесообразность применения систем с открытым очистным пространством и креплением

Таблица 6.4. Определение объемов выемочных камер и междукамерных щеликов, приходящихся на выемочную камеру

		Глубина разработки, Н, м	
		Н ≤ 50 м	50 м < Н ≤ 100 м
Форма Выем очных камер	$V_{\kappa},$ $V_{\eta},$ $M^3$	С последующей закладкой очистного пространства камер	С последующей закладкой очистного пространства камер
		Без последующей закладки очистного пространства камер	Без последующей закладки очистного пространства камер
Круг	$V_{\kappa}$ – объем выемочной камеры $V_{\eta}$ – объем щелика, приходящийся на выемочную камеру	$V_{\kappa} = 0.8L_{np}^2 m$	$V_{\kappa} = 1.6L_{np} m(0.5L_{np} - mtg\beta)$
		$V_{\eta} = m[0.78(L_{np} + x)^2 + 0.78L_{np}^2]$	$V_{\eta} = 1.6L_{np} m(x + mtg\beta)$
Ромб	$V_{\kappa}$ – объем выемочной камеры $V_{\eta}$ – объем щелика, приходящийся на выемочную камеру	$V_{\kappa} = \frac{L_{np}^2 m}{\sin \alpha}$	$V_{\kappa} = \frac{L_{np} m}{\sin \alpha} (L_{np} - 2tg\beta)$
		$V_{\eta} = 28L_{np} mx$	$V_{\eta} = \frac{2L_{np} m}{\sin \alpha} (x + \kappa mtg\beta)$
Звезда	$V_{\kappa}$ – объем выемочной камеры $V_{\eta}$ – объем щелика, приходящийся на выемочную камеру	$V_{\kappa} = 1.15(L_{np} + 0.5x)[(L_{np} + 0.5x)m - 1.5x]$	$V_{\kappa} = 1.15(L_{np} + 0.5x)[(L_{np} + 0.5x)m - 1.5x] - 0.9mtg\beta \sqrt{(L_{np} + 0.5x)^2 + 0.87x^2}$
		$V_{\eta} = 3.4mx(L_{np} - 0.5x)$	$V_{\eta} = 0.86mx(L_{np} + 0.5x) + 1.5\kappa m^2 tg\beta \sqrt{1.3(L_{np} + 0.5x)^2 + x^2}$
Квадрат	$V_{\kappa}$ – объем выемочной камеры $V_{\eta}$ – объем щелика, приходящийся на выемочную камеру	$V_{\kappa} = L_{np}^2 m$	$V_{\kappa} = L_{np} m(L_{np} - mtg\beta)$
		$V_{\eta} = L_{np} mx$	$V_{\eta} = L_{np} m(x + mtg\beta)$
			$V_{\eta} = L_{np} m^2 tg\beta$

**Таким образом,** обработка выемочных камер предложенной технологией позволяет значительно сократить потери ценного полезного ископаемого.

С увеличением глубины и изменением горно-геологической характеристики месторождения наступит передел, когда ширина целика  $X$  превзойдет предельный пролет выемочной камеры  $L_{np}$  т.е.  $X > L_{np}$ . Для этих глубин рекомендуется переходить для обработки междуканнерных целиков от систем с открытым очистным пространством к системам с креплением, т.е. в целом для месторождения к комбинированным системам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арене В.Ж., Исмагилов Б.В., Шпак Д.Н. Скважинная гидродобыча полезных ископаемых. - М.: Недра, 1980. - 229 с.
2. Черней Э.И. Методы гидродобычи // Изв. вузов, геология и разведка. - М: МГРИ.- 1984.- Вып.№7. - С.56-87.
3. Бондаренко В.И., Власов С.В., Владыко А.Б. Определение технологических параметров струйного затопления пород при сооружении противофильтра-ционных завес // Научный вестник НГАУ. - Днепропетровск: НГАУ. - 1999. - Вып. № 6. - С. 11-12.
4. К вопросу о рациональной технологии выемки подводных россыпных полезных ископаемых / В.П. Франчук, Е.С. Запара, А.А. Бондаренко, А.П. Зиборов // Научный вестник НГАУ.- Днепропетровск: НГАУ. -1999. -Вып. №6. - С. 12-15.
5. Маланчук З.Р. Научные основы скважинной гидротехнологии. - Ровно: РГТУ, 2002. - 367с.

**УДК 622.647.2**

Е.И. Оксень

#### **ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Представлено методику чисельного аналізу процесу деформування насипних вантажів робочим органом гірничо-транспортних машин безперервної дії на основі імовірнісного оцінювання проявів деформаційних властивостей насипного вантажу і розрахунку навантажень на робочий орган. Приведено приклади практичного аналізу структури і чисельного динамічного моделювання механізмів стрічкових конвеєрів в особливих умовах експлуатації.

#### **DYNAMIC MODELLING OF MECHANISMS OF MINING - TRANSPORT MACHINES OF CONTINUOUS ACTION**

The technique of the numerical analysis of process of deformation of bulk cargoes is submitted by working body of mining - transport machines of continuous action on the basis of statistical displays of deformation properties of a bulk cargo and calculation of loadings on working body. Examples of the practical analysis of structure and numerical dynamic modeling of mechanisms of tape conveyors in special conditions of operation are resulted.

Проектирование новых конструкций горно-транспортных машин непрерывного действия, характеризующихся сложным профилем става, глубокой интегрированностью с транспортируемым грузом или особыми условиями эксплуатации, приводит к необходимости выполнения дополнительных расчётов, не