

УДК 681.142.3:622.27

В.Ф. Демин, Н.Н. Тулепов, В.В. Демин

## СТРУКТУРНО - ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Оптимальная технологическая схема очистных работ включает сочетание процессов подсистемы, обуславливающих минимальные трудовые и материальные затраты на их осуществление. Для этого рекомендуются следующие этапы по созданию сочетаний технологических схем и выбора из них оптимального.

Первый этап - создание модели для выбора стратегии из заданного множества возможных вариантов для вычисления возможных исходов. При постановке задачи выбора оптимального набора элементов необходимо определить существенные факторы и уровни их «чувствительности» по степени влияния на параметры технологии.

Второй этап - разработка численной процедуры по анализу и мониторингу горно-геологической, горнотехнической информации, технико-экономических и регламентирующих показателей производственной деятельности по рассматриваемым схемам с использованием комплекса детерминированных, статистических математических методов и теории эффективности сложноструктурных систем.

Третий этап - оценка и формирование рациональных элементов в исследуемой подсистеме «очистная выемка с комплексом подготовительных работ» с использованием математических методов системного анализа при формализации технического, экономического и социального аспектов структуры схем с определением оптимальных значений непрерывных управляемых параметров.

Четвертый этап - синтез оптимальных систем из выявленных рациональных, вновь соз-

данных элементов с формированием множества качественных и количественных управляемых переменных, которые бы обеспечивали уровни эффективного функционирования

технологических схем очистных работ с точки зрения их технической безопасности и экономических издержек. Разработка оптимального варианта технологической схемы очистных

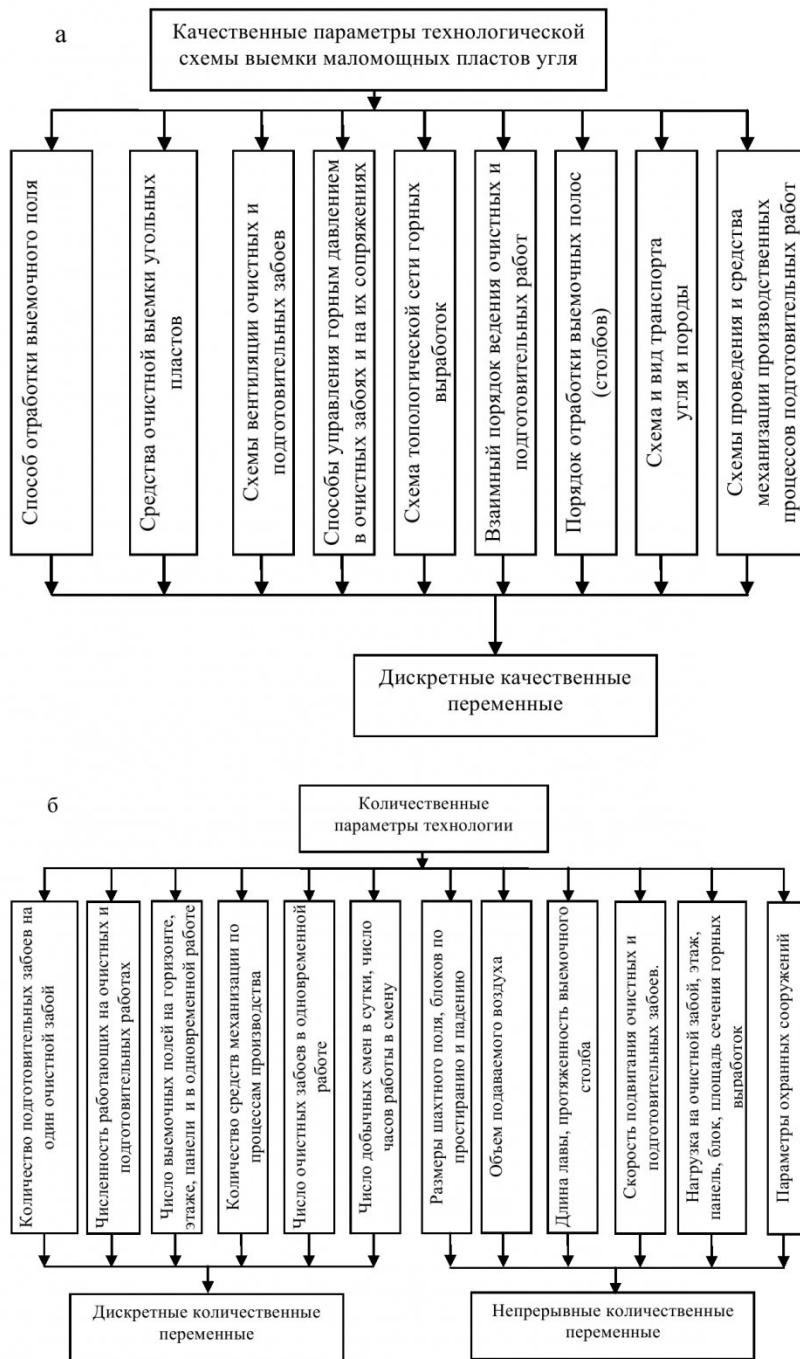


Рис. 1. Блок - схема качественных (а) и количественных (б) параметров технологических схем выемки маломощных пластов

работ производится путем выбора из исходной информации горно-геологических, горно-технических, технологических и экономических факторов эффективного конструктивного технологического решения по процессам добычи угля.

Создание оптимальной подсистемы «очистные работы» включает процесс решения двух комплексных задач: структурной оптимизации качественных характеристик элементов технологических схем (ТС) подсистемы и параметрическую оптимизацию количественных параметров.

Математическое моделирование на базе интеллектуальных систем включает в себя диалоговый режим общения с ЭВМ. После выполнения каждого программного модуля необходимо производить анализ результатов расчета, на основании которого может быть принято одно из решений: перейти к выполнению следующего этапа процесса реализации модели или после корректировки результатов анализируемого модуля перейти к разработке оптимальной подсистемы «очистных работ». Разработка оптимальной подсистемы включает в себя выбор оптимальных качественных характеристик ТС очистных работ: последовательности проведения подготовительных выработок, схем работы средств механизации выемки, проведения горных выработок, транспортирования угля в пределах выемочного участка, проветривания выемочного участка, способа охраны выемочных выработок и управления кровлей, вида искусственных ограждений; а также - определение оптимальных количественных параметров: длины лавы, выемочного столба, нагрузки на очистной забой и др.

Принятые оптимальные решения по структурной и параметрической оптимизации ТС очистных работ определяют вид и эффективность функционирования подсистемы. Выбор оп-

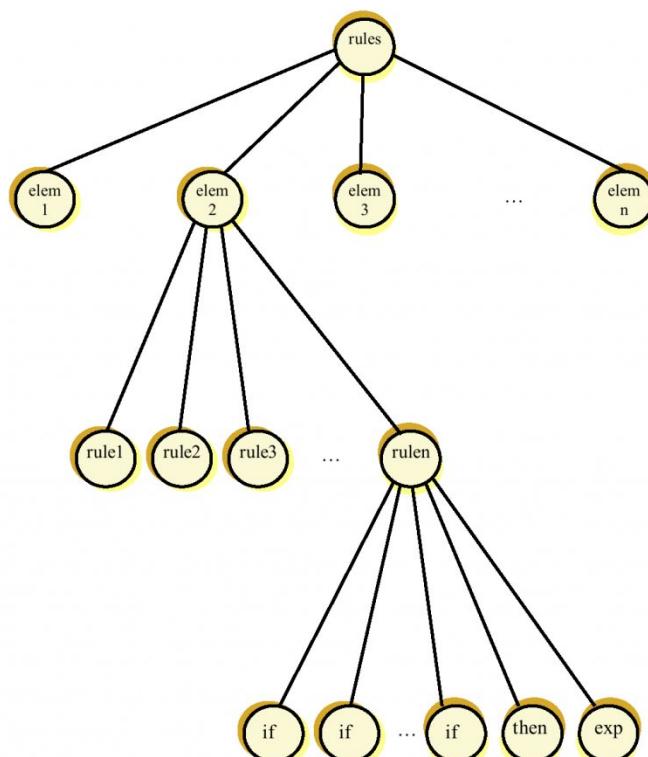


Рис. 2 . Древовидная структура базы данных

тимальных качественных элементов ТС очистных работ осуществляется в два этапа: на основе формализованного метода синтеза определяют рациональные варианты ТС с максимальной степенью адаптации к изменяющимся горно-геологическим условиям, затем помошью экономико-математического моделирования выбирается оптимальная ТС очистных работ с экстремальным значением критерия эффективности.

Для определения оптимальной длины очистного забоя и выемочного столба использована экономико-математическая модель, функцией цели которой является зависимость расходов на 1 т угля в пределах участка от длины лавы и длины выемочного столба по их минимуму

$$3 = f(\bar{x}, L_l, L_{cm}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $\bar{x}$  - вектор качественных параметров ТС очистных работ;  $L_l$  - длина лавы, м;  $L_{cm}$  - протяженность выемочного столба, м.

В функцию цели входят статьи затрат: на проведение

транспортных, вентиляционных выемочных выработок и разрезных печей; поддержание участковых выработок; заработка рабочих, обслуживающих лаву; амортизация оборудованию; монтаж и демонтаж оборудования; транспортировка угля по выемочным выработкам и др.

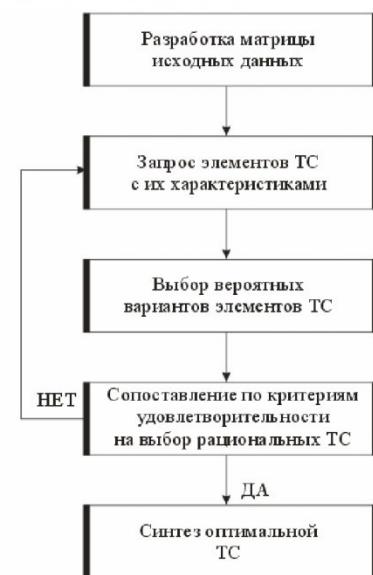


Рис. 3 . Алгоритм экспертной системы по синтезу оптимальной технологической системы (ТС)

Согласно формуле (1), функция цели зависит от структуры ТС очистных работ. Декомпозиция ТС на отдельные качественные элементы, позволяет получать не только рациональные варианты структур ТС, но и синтезировать функцию цели из отдельных статей затрат по элементам, в связи с чем отпадает необходимость в разработке экономико-математических моделей для каждого возможного варианта структуры ТС (число вариантов может достигать нескольких десятков тысяч) и хранения их в памяти ЭВМ, что практически неосуществимо.

Технологическая схема очистных работ характеризуется направлением движения очистного забоя относительно элементов залегания пласта, средствами и способом выемки угля, проведения горных выработок, назначением и функционированием транспортных и вентиляционных коммуникаций, способом подготовки выемочного поля и системой разработки пласта. Эти известные положения приняты для выбора оптимальной технологических схем очистных работ для выемки маломощных пластов. Для решения этой задачи нами разработан новый метод, основанный на синтезе технологических схем очистных работ из отдельных оптимальных элементов, обеспечивающих локальный экстремум критерия. При этом технологическая схема очистных работ рассматривается как упорядоченная локальная система, предназначенная для выполнения определенных технологических функций и состоящая из отдельных конструктивных элементов.

Выделенные конструктивные элементы зависят от количественных параметров, которые изменяются непрерывно и объединяются множеством  $\{A_{\text{кол.н}}\}$  и изменяющихся дискретно, - множеством  $\{A_{\text{кол.д}}\}$  – рис. 1. Объединение множеств изменяющихся качественных и

количественных параметров шахты порождает в свою очередь некоторое множество возможных вариантов технологии, технологической схемы очистных работ

$\{F\} = \{A_{\text{кач.д}}\} \vee \{A_{\text{кол.н}}\} \vee \{A_{\text{кол.д}}\}$ , где  $\vee$  - логический знак, обозначающий операцию дизъюнкции, т.е. логического сложения элементов, вместе или порознь определяющих результат вариации (множество вариантов).

При изменении одного из параметров меняется технологическая схема очистных работ, т.е. конечный итог решения задачи оптимизации. Если обозначить через  $P_j$  количество возможных вариаций  $x_b$ , то число возможных состояний – векторов управляемых параметров будет равно:

$$|M(G)| = \prod_{i=1}^n P_i.$$

Каждый допустимый путь на графе отображает один из

возможных способов построения технологической схемы. Каждому пути на графе  $G$  в соответствии с назначенным критерием оптимальности  $I_1$  соотвествует функция цели:

$$I_{1j} = \min \sum_{i=1}^n F_i(y_i \mu_j),$$

где  $\mu_j \in M_d(G)$ ;  $F_i$  – затраты на очистную выемку с комплексом горнопроходческих работ.

Вектор исходных условий задачи имеет вид:

$t = t_1 U t_2 U t_3 U t_4 U t_5 U t_6$ , где  $t_1 - t_6$  - векторы соответственно горно-геологических, горно-технических и социально-экономических условий, стоимостных показателей; условий, определяющих геомеханические особенности ведения горных работ; возможность своевременного воспроизведения фронта очистных работ, представленных в виде древовидной структуры базы данных (рис. 2).

При этом вектор  $t_1$  опреде-

A	B
1	
2	
3	
4 <b>Оборудование, переменные</b>	
5 Тип комбайна	ГПК, ГПКС
6 Тип крепи	КВВ-2
7 Тип конвейера	2Л100У
8 Очистные оборудование	Глиник, Фазос
9 Способ охраны выработки	Целик угля/Целик угля
10 Показатель устойчивости пород	Устойчивые
11 Сечение монтажной камеры (Smk)	12
12 Сечение конвейерного штрека (Sks)	12
13 Сечение вентиляционного штрека (Svs)	12
14 Сечение сбойческих печей (Ssp)	12
15 Угол наклона монтажной камеры Amk	22
16 Угол наклона конвейерного штрека (Aks)	0
17 Угол наклона вентиляционного штрека (Avs)	0
18 Угол наклона сбойческих печей (Asp)	22
19 Количество рам на метр выработки (Nr)	2.5
20 Крепость угля (Fcp)	1.35
21 Дмесчная (Dm)	100000
22 Основная (Q)	4000
23 Производительность пласта (p)	2.5
24 Длина лавы (Ll)	250
25 Длина столба (Lct)	3000
26 L <sub>v</sub>	1500
27 L <sub>d</sub>	3000
28 L <sub>tr</sub>	1500
29	
30 <b>Себестоимость проведения</b>	
31 Себестоимость проведения монтажных камер	11461969.32
32 Себестоимость проведения парного конв-го штрека	26888763.22
33 Себестоимость проведения вентиляционного штрека	13444381.61
34 Себестоимость проведения сбойческих печей	2812116.486

Рис. 4 . Оптимальные структурные параметры ТС

№	Элемент	Подэлемент	Обозначение	Уверенность
1	Расположение очистного забоя относительно элементов залегания пласта	по падению	х1,2	1,00
2	Длина очистного забоя	с длинными очистными забоями	х2,1	1,00
3	Расположение подготовительных выработок относительно пласта	пластово-полевое	х3,3	1,00
4	Порядок и направление отработки выемочных столбов при различных способах подготовки	при погоризонтной	х4,3	0,50
5	Последовательность проведения подготовительных выработок относительно подвижного фронта очистных работ	последовательное(раздельное)	х5,1	1,00
6	Ширина и совместимость забоев проводимых подготовительных выработок	узким забоем при сплошных системах разработки [или комбинированных]	х6,2	0,83
7	Способы охраны выемочных выработок [в т.ч. в зонах опорного давления]	цепиками угля	х7,1	1,00
8	Схема просветривания выемочного участка	прямоточное с подсвежением	х8,1	1,00
9	Способ выемки угля в очистном забое	узко захватный комбайнами	х9,2	0,60
10	Тип транспорта угля по участковым выборкам(конвейерный)	телескопический ленточный конвейерами	х10,3	1,00
11	Тип перегрузочного пункта с участкового на магистральный транспорт	с горным бункером	х11,2	1,00
12	Тип вспомогательного транспорта по участковым выработкам	монорельсовый транспорт	х12,5	1,00
13	Тип средств механизации для отбивки горной массы в подготовительной выработке	проходческие комбайны	х13,1	1,00
14	Тип транспорта горной массы из подготовительной выработки	телескопический ленточный конвейерами	х14,3	1,00
15	Тип вспомогательного транспорта при проведении подготовительной выработки	монорельсовый транспорт	х15,5	1,00
16	Способ управления горным давлением	частичной закладкой	х16,3	0,33
17	Способы доставки и размещения породы в выработанном пространстве	пневматический	х17,3	1,00
18	Характер размещения раскоски при проведении подготовительных выработок	односторонняя раскоска с проведением выработки за лавой	х18,3	0,67
19	Способ демонтажа очистного оборудования	перемонтажом посредством лебедок	х19,2	1,00

Рис. 5. Оптимальные количественные параметры ТС

ляет множество исходных горно-геологических условий:

$t_1 = (N_n, m, \alpha, Y, x, H, o, g, f, k_x)$ , где  $o$  - показатель опасности пласта по самовозгоранию угля;  $g$  - водообильность пласта;  $k_x$  - коэффициент, характеризующий склонность пород почвы пласта к пучению;  $m$  - мощность пласта, м;  $\alpha$  - угол падения, градус;  $Y$  - устойчивость пород кровли;  $x$  - природная газоносность,  $m^3/t$ ;  $H$  - глубина горных работ, м;  $N_n$  - количество рабочих пластов.

Вектор исходных горнотехнических условий имеет вид:

$$t_2 = (S, H, L_{\lambda}, L_{cm}, X, T_p, M_o, R, B, N_n),$$

где показатели характеризующие соответственно размеры шахтного поля (по простирианию -  $S$  и по падению -  $H$ ), технологическую схему очистных и подготовительных работ (длина лавы и столба -  $L_{\lambda}, L_{cm}$ ), порядок отработки выемочных столбов в панели и выемочном поле ( $X$ ), способ транспортирования грузов и людей по выработкам ( $T_p$ ), средства механизации очистных работ ( $M_o$ ), расположение основных наклонных выработок относительно пласта ( $R$ ), вид крепи и способ проведения

выработки ( $B$ ), число действующих лав на пласте ( $N_n$ ).

На основе вышеизложенного разработан алгоритм выбора оптимального решения при автоматизированном проектировании ТС очистных работ (рис. 3).

На основе созданной интеллектуальной экспертной системы [1], по результатам экономико – математического моделирования определены оптимальные структурные (рис.4) и количественные (рис. 5) параметры ТС очистной выемки со слагающим их комплексом горнопроходческих работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Яворский В.В., Демин В.Ф., Демина Т.В., Мицхахов Р.Р. Создание системы синтеза оптимальных элементов функциональной структуры шахты «очистные работы» // Горный журнал. Известия ВУЗов. № 3, 2005, С. 75 – 81.

□ Авторы статьи:

Демин

Владимир Федорович

- докт. техн. наук, зав. каф. разработки месторождений полезных ископаемых (Карагандинский государственный технический университет )

Тулепов

Нурлан Нарманбетович

- соискатель

(Карагандинский государственный технический университет )

Демин

Виталий Владимирович

- соискатель

(Карагандинский государственный технический университет )