

УДК 622.272

В.В. Мельник, А.С. Оганесян

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Представлен единый методологический подход при моделировании параметров технологических процессов обеспечивающий их сопоставимость и взаимосвязь с параметрами технологических схем шахт. Установлены оптимальные соотношения параметров подсистем и осуществлено формирование адаптивных моделей подсистем формирующих оптимальную комплексную модель шахты как единой геотехнологической системы.

Ключевые слова: угольная шахта, моделирование технологических процессов..

Моделирование параметров технологических схем подсистем шахты с учётом их изменения в пространстве и во времени позволяет управлять ими в целях поиска оптимального соотношения. В отношении объемов производства (D_{ii}) варианты развития горных работ на шахте имеют два направления:

I – D_{ii} в момент времени t - D_{ii} имеет ограничение $D_{ii} \leq A_{nл\ ii}$, (1)

то есть является управляющим параметром при моделировании параметров технологических процессов подсистем;

II – D_{ii} не имеет ограничений, то есть является управляемым параметром $D_{ii} \rightarrow \max$. (2)

Технологические схемы очистных работ должны обеспечивать соответствие качества добываемого угля параметрам обслуживаемого спроса

$$\bar{A}_{ii}^c - \sum_{j=1}^m \frac{A_{tij}^c \times D_{tij}}{D_{tij}} \geq 0, \quad (3)$$

где \bar{A}_{ii}^c и A_{tij}^c - зольность угля соответственно установленная планом и в j -м очистном забое, %.

Формирование параметров подсистемы напрямую связано с принятым направлением при разработке вариантов развития шахты. Разработанная модель

формирования параметров технологического процесса элементов подсистемы – сменной нагрузки и численности комплексной бригады очистного забоя позволяет определить их максимально возможные значения в конкретных условиях работы забоя. В целом задача моделирования нагрузки на шахту сводится к разработке наиболее рационального графика добычи, который базируется на условии покрытия спроса в каждый момент времени t . При этом необходимо учитывать периоды возможного спада или роста спроса на угольную продукцию в течение всего периода оптимизации T путем обеспечения резерва увеличения объёма производства и распределения дополнительных потребностей в соответствии с имеющимися резервами.

В соответствии с этим регулирование параметров технологических процессов подсистемы на шахте осуществляется:

- регулированием нагрузки на j -й очистной забой в момент времени t

$$D_{ij} = D_{смij} \times N_{смij} \times N_{сумij}, \quad (4)$$

при этом нагрузка и численность рабочих в очистном забое в момент времени t являются управляемыми параметрами процесса подсистемы, а количество смен по добыче в сутки, количество суток работы лавы – управляющими;

- регулированием расчетного количества одновременно действующих очистных забоев в момент времени t ($m_{розt}$), определяемое исходя из условия

$$m_{розii} = \max\{m_{ii}\},$$

при обеспечении

$$\sum_{j=1}^{m_{ii}} D_{ij} - A_{нл_{ii}} \leq 0, \quad (5)$$

$$D_{ii} - \sum_{j=1}^{m_{ii}} D_{ij} \leq 0.$$

Параметр сменной нагрузки на забой ограничен по газовому фактору. Это предполагает введение ещё одного управляемого параметра - $T_{дег_{ij}}$, который определяется исходя из условия

$$D_{смij} - D_{смij}^{зф} \leq 0. \quad (6)$$

Определим объем планируемой добычи по i -й шахте в момент времени t как

$$D_{ii}^{нл} = \sum_{j=1}^m D_{смij}^{нл} \times N_{смij}^{нл} \times N_{сумij}^{нл}, \quad (7)$$

где $D_{ij}^{нл}$ - плановый объем добычи угля

в момент времени t по i -й шахте из j -го очистного забоя.

Возможно управление объемом добываемого угля путем изменения одной из составляющих, при условии, что

$$0 < D_{смij}^{нл} \leq D_{смij}, \quad (8)$$

$$0 < N_{смij}^{нл} \leq \frac{24}{T_{смij}}, \quad (9)$$

$$0 < N_{сумij}^{нл} \leq N_{сумt}, \quad (10)$$

где $D_{смij}$ - предельно возможная сменная нагрузка на очистной забой в конкретных условиях его работы, определяется согласно (10); $N_{сумt}$ - количество календарных суток в момент времени t .

Согласно выполненным исследованиям и в соответствии с принятым направлением оптимизации параметров при обосновании вариантов по условию ограничения нагрузки на шахту количество одновременно действующих забоев определяется системой неравенств

$$\begin{aligned} m_{розii} - m_{ii} &\leq 0 \\ \sum_{j=1}^{m_{ii}} D_{ij} - D_{ii} &\leq 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Разработанная модель формирования параметра численности комплексной бригады ($N_{кб_{ij}}$) позволяет сформировать закономерность её изменения в зависимости от нагрузки на забой.

Согласно (1.10)

$$V_{ср_{ij}} = \frac{0,4033 \times k_{ij}}{D_{смij}} + 0,2247 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} k_{ij} &= 1208 r_{ij} (0,977 m_{е_{ij}} - 0,624) \times \\ &\times (1,46 - \frac{61,464}{L_{л_{ij}}}) (1,014 - 0,0092 \alpha_{в_{ij}}) \end{aligned} \quad (13)$$

На основе определения $N_{кб_{ij}}$ из выражения (1.16) с учётом принимаемого ограничения скорости подачи комбайна, осуществляется приведение па-

параметра в соответствие с нагрузкой на очистной забой. Этим обозначена область определения параметров D_{ij} и

D_{ii} , представляемая системой неравенств

$$\begin{aligned} D_{ii} - A_{nl_{ii}} &\leq 0 \\ \sum_{j=1}^{m_{ij}} D_{ij} - D_{ii} &\leq 0 \\ D_{cm_{ij}} - D_{cm_{ij}}^{z\phi} &\leq 0. \end{aligned} \quad (14)$$

В ходе решения системы взаимозависимость параметров $D_{cm_{ij}}$ и $D_{cm_{ij}}$ определяется как

$$D_{ij} = D_{cm_{ij}} \times N_{cm_{ij}} \times N_{cym_{ij}}. \quad (15)$$

В соответствии с проблемной постановкой по первому из рассматриваемых вариантов обеспечение условия $D_{ii} - A_{nl_{ii}} \leq 0$ достигается, согласно (15), путём управления параметрами:

- нагрузкой на очистной забой - D_{ij} ;
- количеством одновременно действующих забоев - $m_{roz_{ii}}$.

Логическая взаимосвязь этих параметров может быть выражена

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{m_{ij}} D_{ij} - A_{nl_{ii}} &\leq 0, \\ m_{roz_{ii}} - m_{ii} &\leq 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Очевидно, что минимальное количество одновременно действующих забоев, обеспечивающих плановую нагрузку на шахту, достигается при максимально возможных нагрузках на забои. В результате решения приведенных систем неравенств формируются параметры технологического процесса

$$\begin{aligned} D_{ii}^{nl} &\leq D_{ii}, \\ D_{ij}^{nl} &\leq D_{ij}, \\ D_{cm_{ij}}^{nl} &\leq D_{cm_{ij}}, \quad m_{roz_{ij}}^{nl} \leq m_{roz_{ij}}. \end{aligned} \quad (17)$$

Параметры $N_{cm_{ij}}^{nl}$, $N_{cym_{ij}}^{nl}$ являются организационными. Управление ими позволяет обосновать нагрузку на забой в течение всего периода реализации проекта, планировать развитие производства на шахте так, что в периоды спада или увеличения спроса на уголь определённого качества изменение объёмов его добычи регулируется графиком работы забоев и выходов рабочих.

Имеющийся резерв увеличения объёма добычи из очистного забоя в конкретных горно-геологических условиях и принятых горнотехнических и технологических параметрах ТС подготовки и отработки столба, позволяющий обеспечить дополнительный выпуск продукции в случае сбоев в работе других очистных забоев или других шахт угледобывающего предприятия формируется

- по j -му очистному забою i -й шахты

$$R(D)_{ij} = D_{ij} - D_{ij}^{nl}, \quad (18)$$

- по i -й шахте

$$R(D)_{ii} = D_{ii} - D_{ii}^{nl}, \quad (19)$$

- при этом он складывается из

- повышения эффективности использования очистной техники, когда

$$D_{cm_{ij}}^{nl} \rightarrow D_{cm_{ij}}; \quad (20)$$

- максимизации использования ресурса времени эксплуатации забоя - $R(T)_{ij}$:

$$\begin{aligned} R(T)_{ij} &= 4N_{cym_t} - N_{cm_{ij}}^{nl} \times N_{cym_{ij}}^{nl} \\ R(T)_{ij} &\rightarrow 0. \end{aligned} \quad (21)$$

Моделирование второго направления формирования вариантов развития горных работ основано на том, что установление оптимальных соотношений параметров ТС и формирование адаптивных моделей подсистем осуществляется с учетом ограничений только по состоянию её запасов, гор-

но-геологическим и горно-техническим условиям их эксплуатации. Обоснование рациональных ТС и их параметров по подсистемам шахты осуществлено с использованием модели

$$D_{ii} \rightarrow \max$$

при условии, что

$$D_{см,ij} - D_{см}^{2\phi} \leq 0 \quad (22)$$

$$m_{роз,ii} - \bar{m}_{оз,ii} \leq 0,$$

где $\bar{m}_{оз,ii}$ - количество одновременно действующих забоев, ограниченное состоянием запасов, количеством отрабатываемых пластов, ТС их вскрытия и подготовки, а также последовательность их отработки.

Предлагаемая модель регулирования объема добычи угля в пределах одной шахты позволяет выбрать рациональные варианты её развития, а

также осуществлять оперативное управление, нейтрализовать влияние негативных факторов на стабильность работы очистных забоев и шахты в целом.

Общая продолжительность эксплуатации выемочного столба

$$T_{экс,ij} = t_{omp,ij} + t_{pd,ij} / N_{сум,t}, \quad (23)$$

где $t_{pd,ij}$ - продолжительность работ по демонтажу оборудования в монтажной камере очистного забоя.

Предложенная модель является основой для привязки моделей выбора рациональных технологических схем и обоснования параметров технологических процессов других подсистем шахты.

В статье осуществлено обоснование параметров подсистемы «длинные комплексно-механизированные забои».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шевяков Л.Д.* Основы проектирования угольных шахт. - М., Недра, 1958. - 328 с.
2. *Бурчаков А.С., Кузнецов Ю.Н.* Структура, математическая постановка и реализация прогнозных разработок при проектировании угольных шахт. - Применение ЭВМ и математических методов в горном деле. Труды 17-го Международного симпозиума. - М.: Недра, 1982, т.1, с.97-102.
3. *Сагинов А.С.* Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. Избранные труды. / Под общей редакцией К.Н.Адилова. - Алматы, Гылым, 1995.
4. *Митейко А.И.* Система автоматизированного проектирования угольных предприятий. - Уголь. № 6. - С. 19-22.
5. *Сагинов А.С., Квон С.С., Адилов К.Н.* Методы анализа и оптимизации технологических схем угольных шахт. - М., Недра, 1974. - 296 с.
6. *Бурчаков А.С., Малкин А.С., Устинов М.И.* Проектирование шахт: Учебник для вузов. М., Недра. - 1985. - 399 с.
7. *Дюпин А.Ю.* Развитие угольной отрасли Кузбасса в 2003 г. и её дальнейшие перспективы. - Уголь. 2004. - № 4. - С.5-7.
8. *Тёньес Б.* Инновационные высокопроизводительные добычные участки на шахтах компании ДСК - первые итоги и следствия. - Глокауф. 2000. - № 9. - С.11-17.
9. *Трубецкой К.Н., Гурьянов В.В.* Повышение эффективности подземной разработки высокогазоносных угольных месторождений на основе организации совместной добычи угля и метана. - Уголь. № 9. - С. 3-6. **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мельник Владимир Васильевич - доктор технических наук, заведующий кафедрой,
Оганесян Армине Сейрановна - кандидат технических наук, доцент, msmu-prpm@yandex.ru
 Московский государственный горный университет.