

УДК 001.891/330.15:622.33

**О.А. Ходич, Т.В. Петрова, Г.Г. Казанцева**

## **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ГОРНЫЕ ОТВОДЫ\***

*Рассмотрена формализация задачи оптимального планирования месторождения на горные отводы, обоснованы критерии оптимальности планирования: чистый дисконтированный доход новых горных предприятий, коэффициент извлечения полезного ископаемого, рентабельность горных предприятий.*

*Ключевые слова: месторождение, горный отвод, эффективность.*

---

**В** настоящий период происходит снижение полноты извлечения балансовых запасов шахтного поля. Это объясняется тем, что новые шахты строятся на горных отводах, размер которых недостаточен для подготовки выемочного поля оптимальных размеров с точки зрения эффективности технологии добычи, минимизации потерь полезного ископаемого в недрах и производственных затрат. Кроме того, в современных жестких конкурентных условиях предприятия угледобывающей отрасли в погоне за увеличением объема производства, следовательно, прибыли, как правило, не учитывают в качестве одного из существенных критериев эффективности уровень потерь полезного ископаемого. Поэтому существует задача согласования двух факторов эффективности работы будущего (проектируемого) угледобывающего предприятия: полноты извлечения угля из недр и рентабельности функционирования шахты на этапе планирования месторождений на горные отводы.

Задачи планирования угольного месторождения на горные отводы яв-

ляются сложными задачами принятия решения, которые в настоящее время, в основном, решаются численными методами. Как правило, критерием эффективности решения сложных задач численными методами, является функция нескольких частных критериев, значимость которых в процессе моделирования и принятия решения может изменяться.

При решении задачи принятия сложного решения необходимо решение следующих частных задач общего плана [1, 2, 3]:

- теоретическое обоснование количества и номенклатуры дифференцированных критериев качества (эффективности), которые необходимо учитывать в комплексном (интегральном) критерии;
- теоретическое обоснование количества и номенклатуры показателей для расчета дифференцированных критериев качества (эффективности), которые необходимо учитывать в комплексном (интегральном) критерии;
- выбор математической модели интегрального критерия;

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Государственный контракт № 16.740.11.0410.

- определение полезности (важности) отдельных критериев;
- обоснование формы сведения к единому измерению (относительные величины) разнородных параметров дифференцированных критериев.

**Теоретическое обоснование количества и номенклатуры дифференцированных критериев качества (эффективности).**

Решение поставленной задачи предлагается осуществить с использованием частных критериев коэффициента извлечения полезного ископаемого и рентабельности деятельности угледобывающих предприятий. Кроме того, в рыночных условиях функционирования угледобывающей отрасли важным при высокой стоимости денежных средств для новых горнодобывающих предприятий новых угольных месторождений частным критерием оптимизации должен быть чистый дисконтированный доход за период эксплуатации горного отвода [4, 5].

Коэффициент извлечения полезного ископаемого при расчете стоимостной оценки месторождения используется в формуле А.С. Савина, которая применяется для определения покупной (продажной) стоимости месторождения в странах с рыночной экономикой [2]:

$$C_m = C_{im} Q K_1 K_2,$$

где  $C_m$  - стоимость месторождения;  $C_{im}$  - цена единицы конечного продукта на международном или внутреннем рынке;  $Q$  - запасы полезных ископаемых и прогнозных ресурсов;  $K_1$  - коэффициент извлечения минерального сырья из недр;  $K_2$  - коэффициент извлечения в концентраты (для металлических полезных ископаемых).

Согласно этой формуле стоимость месторождения растет вместе с увеличением коэффициента извлечения полезного ископаемого.

Поэтому в данной работе оптимальным принимается такое решение по планированию угольного месторождения на лицензионные участки, при котором максимизируется частный критерий эффективности – общий коэффициент извлечения угля. Под общим коэффициентом извлечения угля понимается коэффициент извлечения балансовых запасов угля в пределах месторождения.

Регулирование общего коэффициента извлечения полезного ископаемого на этапе планирования месторождения на горные отводы возможно на основе следующих факторов: снижение потерь в барьерных целиках между горными отводами при уменьшении количества горных отводов; снижение потерь за счет сооружения технологических коммуникаций на поверхности над барьерными и охранными целиками в горном массиве; снижение потерь посредством деления месторождения на горные отводы с учетом величины запасов в каждом однородном технологическом блоке. Под технологическим блоком понимается часть месторождения полезных ископаемых, предназначенная для отработки одним способом.

Чистый дисконтированный доход предлагается рассчитывать с учетом следующих показателей:  $T$  – период (горизонт) расчета;  $t$  – шаг (год) расчета,  $1 \leq t \leq T$ ;  $Ц_0$  – цена продукции в ценах базового периода;  $Q_t$  – объем реализованной продукции в  $t$ -ый период;  $r$  – шаг (год) расчета,  $1 \leq r \leq t$ ;  $i_r$  – темпы инфляции доходов  $r$ -го шага (года);  $A_{0t}$  – амортизационные отчисления  $t$ -го периода в ценах базового периода (года);  $k_{\Phi t}$  – коэффициент переоценки основных фондов в  $t$ -м

(периоде) году относительно базового периода;  $\Phi_{6t}$  – выручка от рыночной реализации высвобождаемых технических устройств, зданий и сооружений и т.п. в  $t$ -ом периоде (году);  $k_{6t}$  – капитальные вложения в  $t$ -ом периоде (году) в ценах базового периода (года);  $C_{6t}$  – производственные издержки (кроме амортизационных отчислений) в  $t$ -ом периоде (году) в ценах базового периода (года);  $j_r$  – темпы инфляции издержек  $r$ -го шага (года);  $H_t$  – ставка налогообложения прибыли;  $E$  – норма дисконта.

Период или горизонт расчета определяется сроком эксплуатации горного отвода и зависит от производственной мощности предприятия и годового объема добычи, который по годам эксплуатации зависит от количества и величины однородных технологических блоков, а также взаимного расположения и последовательности их отработки. Объем реализованной продукции в случае добычи угля коксующихся марок можно принимать равным годовому объему добычи.

В условиях свободного, рыночного ценообразования эффективность производства нужно учитывать такие финансовые и экономические показатели как: производственные издержки, цена на продукцию, стоимость основных производственных фондов и среднегодовая стоимость нормируемых оборотных средств предприятия. Через цену продукции учитывается рыночная конъюнктура и качественные характеристики угля в однородном технологическом блоке. Показатель производственных издержек характеризуют адаптивность технологических блоков к используемой на предприятии технологии. Капитальные вложения рассчитываются в проектах строительства горных предприятий или, в случае их отсутствия, принимаются равными величинам

аналогичных показателей действующих предприятий-аналогов.

Также информативным показателем эффективности добычи угля является рентабельность производства, которая определяется с использованием цены реализуемой и себестоимости единицы реализуемой продукции, объема реализованной, среднегодовой стоимости основных производственных фондов предприятия, среднегодовой стоимости нормируемых оборотных средств предприятия.

**Теоретическое обоснование количества и номенклатуры показателей для расчета дифференцированных критериев качества (эффективности).** Технология, организация и эффективность работы угольной шахты определяется большим числом горно-геологических, газодинамических и других факторов. Попытка учесть все факторы приведет к перегруженности и чрезмерной сложности экономико-математической модели. Поэтому, для более качественного деления месторождения на ОТБ при определении частных критериев эффективности в исследовании учитываются основные значимые показатели, характеризующие горно-геологические условия, технические характеристики очистного, проходческого и другого шахтного оборудования, участковую производительность труда рабочего, производительность труда рабочего по шахте.

На этапе определения и формализации параметров выбраны 24 значимых показателя, характеризующих условия и эффективность деятельности предприятий.

**Выбор математической модели интегрального критерия.** Выбор математической модели интегрального критерия – это выбор модели объединения отдельных показателей эф-

эффективности или сверстки дифференцированных критериев в интегральный критерий эффективности. Для сверстки используются несколько подходов [2]: объединение различных показателей в один посредством простого суммирования, перемножения, решение задачи по одному из критериев, когда остальные критерии находятся в ограничениях задачи. При этом последовательно отыскивается уступка  $\Delta_i$  по каждому критерию от ее локального оптимума; отыскивается решение задач, приводящее к равномерному ухудшению значений критериев от их оптимальных значений.

Все частные критерии эффективности (чистый дисконтированный доход новых горных предприятий; общий коэффициент извлечения полезного ископаемого; рентабельность горных предприятий в первый год освоения производственной мощности) должны быть максимизированы, т.е. противоречие между направлениями их максимизации отсутствует, что облегчает задачу формализации интегрального критерия эффективности. В работе принимается следующая математическая модель интегрального критерия:

$$K_{\text{инт}} = \sqrt{\prod_{i=1}^m k_i},$$

где  $k_i$  - оценка  $i$ -го критерия, выраженная в безразмерных единицах.

**Определение полезности (важности) отдельных показателей.** Большинство отечественных и зарубежных методик [1, 2] предлагают при вычислении  $K_{\text{инт}}$  включать в число аргументов не только частные критерии эффективности, но и веса их важности. Таким образом, формула определения интегрального коэффициента эффективности принятия решения имеет следующий вид:

$$K_{\text{инт}} = f(k_i, \alpha_i)$$

где  $K_{\text{инт}}$  - интегральный критерий максимизации коэффициента извлечения полезного ископаемого и рентабельности угледобывающего предприятия;  $k_i$  - частный критерий оптимизации;  $\alpha_i$  - показатель важности (полезности) частного критерия оптимизации.

Для количественной оценки степени важности частных критериев интегрального критерия обычно применяют метод экспертных оценок, основанный на количестве и качестве имеющейся информации и накопленном опыте эксперта. Однако он предполагает, что в экспертной оценке проблемы должны участвовать несколько специалистов для преодоления субъективной оценки важности частных критериев. Из-за уникальности каждого месторождения, неопределенности горно-геологических условий, качества и количества полезного ископаемого несмотря на компетентность экспертов, их мнения не могут быть безошибочными.

Поэтому для количественной оценки степени важности частных критериев интегрального критерия оптимизации задачи планирования нового месторождения на горные отходы применен метод аппроксимация коэффициентов важности на основе функции ранжирования.

Наибольший вес важности в работе придается чистому дисконтированному доходу для стимулирования применения рациональной технологической схемы технологических процессов, которая требует больших капитальных затрат, но обеспечивает более продолжительный период стабильной работы предприятия при меньших удельных затратах на выемку 1 угля. На втором месте весов важности –

коэффициент извлечения полезного ископаемого. На третьем месте - рентабельность горных предприятий.

**Обоснование формы сведения к единому измерению (относительные величины) разнородных параметров дифференцированных критериев.** Матрицу данных для вычисления частных критериев эффективности еще до проведения анализа нужно привести к стандартному виду, т.е. стандартизовать значения параметров критериев.

Приведение матрицы данных для расчета частных критериев Интеграль-

ного (синтетического) критерия оптимизации задачи планирования нового месторождения на горные отводы осуществляется с использованием системы компьютерной математики MATLAB R2006a [6].

Таким образом, формализована задача планирования месторождения на горные отводы при согласовании трех факторов эффективности работы будущего угледобывающего предприятия: чистого дисконтированного дохода, величины потерь угля в недрах и рентабельности функционирования шахты.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Проектирование шахт* : учеб. для студентов вузов по спец. "Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых", "Подзем. разраб. месторождений полез. ископаемых" / А.С. Малкин, Л.А. Пучков, А.Г. Саламатин, В.М. Еремеев ; Под общ. ред. Л.А. Пучкова. – 4 изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во Акад. горн. наук, 2000. – 375 с.

2. *Новоселов А.Л.* Модели и методы принятия решений в природопользовании: учеб. Пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / А.Л. Новоселов, И.Ю. Новоселова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 383 с.

3. *Теория и практика прогнозирования в системах управления* / С.В. Емельянов, С.К.

Коровин, Л.П. Мышляев и др. – Кемерово; М.: Издат. объединение «Российские университеты»: Кузбассвузиздат. – АСЕСШ, 2008. – 487 с.

4. *Моссаковский Я.В.* Экономика горной промышленности: Учебник для вузов / Я.В. Моссаковский. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – 525 с.

5. *Краснянский Г.Л.* Уголь в экономике России / Г.Л. Краснянский, В.Г. Зайденварг, А.Б. Ковальчук, А.И. Скрыль; под общ. ред. Г.Л. Краснянского. Москва: Экономика, 2010. – 383 с.

6. *Дьяконов В.* MATLAB. Учебный курс. / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2001. – 560 с. **ПЛАТ**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Петрова Т.В.* – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и управления горным производством,

*Казанцева Г.Г.* – старший преподаватель кафедры экономики и управления горным производством,

*Ходич О.А.* – аспирант кафедры экономики и управления горным производством, СибГИУ

