© В.В. Агафонов, С.Д. Сошников, 2007

УДК 622.272

*В.В. Агафонов, С.Д. Сошников*

# *ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ В ОБЛАСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ЗАПАСОВ ИЗ ЦЕЛИКОВ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ*

**Семинар № 15**

Не теряют в последнее время, а приобретают все большую актуальность вопросы и задачи рационального использования всех имеющихся горно-геологических и технологических ресурсов поддержания соответствующего уровня эффективности и экономичности шахт, при этом одним из важных резервов повышения эффективности отработки угольных пластов следует считать более полное извлечение запасов за счет последующей выемки предохранительных и охранных целиков.

Значительную долю (до 10–15 %) запасов из балансовых и промышленных запасов составляют целики, оставляемые для охраны вскрывающих, подготавливающих и выемочных выработок в изолированных частях угольных пластов и т.д. Характерно, что при прямом порядке отработки запасов шахтного поля и его частей эти целики не извлекаются, так как целики стремятся принимать минимальными. Последующая выемка их становится невыгодной экономически.

При обратном порядке вместе с погашением горных выработок иног-да извлекаются предохранительные и охранные целики, которые таким образом не подвергаются длительному разрушению. Кроме того, (это чрезвычайно важно и принципиально) плановая извлекаемость целиков позволяет увеличивать их величину, что обеспечивает более эффективную охрану горных выработок и экономичность последующей выемки запасов из целиков. Особенно органично такой подход вписывается в работу шахт, имеющих высокотехнологичные запасы: извлечение вскрытых, подготовленных, практически готовых к выемке запасов на стабильно работающих шахтах не может привести к убыточности.

Постановка задачи (экономическая и технологическая)

1. Экономическая – для того, чтобы извлечение целиков было экономически выгодным, необходимо заранее предусмотреть следующие условия:

- обеспечение доступа к запасам целика;
- своевременное извлечение запасов из целиков (отработка начинается с момента окончания действия предохранительной функции целика вместе с охраняемой выработкой);
- соответствие параметров целиков (длины, ширины, суммарных запасов) возможным и эффективным технологическим схемам их предстоящей отработки;

- экономичность будущей выемки целиков различного функционального назначения. С увеличением глубины разработки ценность законсервированных в целиках запасов угля, требовавших ранее меньших расходов для извлечения, повышается с общей тенденцией роста затрат на разработку месторождения.

2. Технологическая – анализ пространственных особенностей оставленных и предохранительных целиков говорит о том, что технологические схемы их разработки сводятся к следующим основным группам:

- прогрессивные технологические схемы механизированной выемки (управление кровлей – полным обрушением, закладкой выработанного пространства):
- мобильные и облегченные технологические схемы, базирующиеся на применении комбайновой выемки с индивидуальной или механизированной крепью и бурошнековой выемки (управление кровлей полным обрушением, закладкой выработанного пространства);
- технологические схемы специального назначения, базирующиеся на специальном очистном оборудовании отечественного и импортного производства.

*Экономико-математическая постановка задачи*

Установление выгодности извлечения запасов из целиков производится, прежде всего, с позиций конкретной шахты, с учетом конкретных горно-геологических, технологических и экономических условий.

Так замыкающие затраты по бассейну (региону) устанавливаются из условия рентабельности шахт, то установленная по критерию замыкающих затрат оптимальные параметры целиков для их последующей выемки обладают значительным резервом выгодности и экономической надежности.

В связи с этим, проверка эффективности отработки целиков становится эффективной благодаря применению следующего критерия оптимальности, предусматривающего сопоставление затрат на каждой конкретной шахте с суммарными (замыкающими) затратами в данном регионе, на добычу угля данной марки, данного качества, поставляемого конкретным потребителям и т. д. со следующим видом целевой функции

$$Э_{в.ц.} = Z_ц(C_{зам.б.} + 0,03(A_б - A_ш)Ц_о - \\ -C_ш + C_а - C_{пр.в.} - C_о + C_п),$$

где $Э_{в.ц.}$ - эффект, получаемый вследствие извлечения целика увеличенного размера, руб.; $Z_ц$ - объем из целика запасов, т; $C_{зам.б.}$ - замыкающие затраты бассейна (региона), руб/т; $A_б$ - средняя зольность угля по бассейну (региона), %; $A_ш$ - средняя зольность добываемого угля на конкретной шахте, %; $Ц_о$ - оптовая цена угля, руб/т; $C_ш$ - себестоимость угля по шахте, руб/т; $C_а$ - уровень потонной ставки амортизации основных фондов шахты, руб/т; $C_{пр.в.}$ - затраты на проведение дополнительных подготовительных и нарезных горных выработок, отнесенные к добыче угля из целика, руб/т; $C_о$ - разница в себестоимости добычи угля при выемке в очистных забоях и запасов из целика, руб/т; $C_п$ - разница в стоимости поддержания горной выработки, охраняемой целиками меньшей и большей ширины, руб/пог. м.

Положительное значение эффекта говорит о выгодности оставления целика увеличенных размеров о его последующей отработки.

Аналогично может быть рассчитан эффект оставления целика меньших размеров при отказе от выемки. В случае отрицательного эффекта при отказе от выемки целика меньших размеров сравнительная эффективность оставления целика больших размеров с его последующей отработкой возрастает.

Исходные данные, в состав которых включаются прежде всего определяемые (оптимизируемые) параметры, представляются в двух видах:

- все аргументы и параметры принимают единственные значения, при этом определяются как оптимальные, так и не оптимальные параметры целиков (детерминированная постановка);
- все или большая часть аргументов принимают значения в некотором вероятном диапазоне, что позволяет оптимизировать параметры (динамическая постановка).

Следует отметить, что рационально скомпоновать поставленную задачу предельно масштабной, так как с увеличением размерности исходных параметров – аргументов значительно увеличивается надежность, достоверность и объективность применения соответствующей модели эффективности извлечения запасов из целиков различного функционального назначения.

*Блок-схема алгоритма решения задачи*

Разработанный алгоритм позволяет решить поставленную задачу в детерминированной и вероятностной (динамической) постановке.

*Детерминированная (однозначная)* постановка используется в том случае, когда необходимо определить экономичность извлечения целика в некоторых однозначно известных условиях конкретной шахты.

*Вероятностная (многовариантная)* постановка используется в том случае, когда необходимо определить область значений параметров целиков и стоимостных характеристик, которая соответствует области оптимальных значений целевой функции и формирует самый большой экономический эффект.

Такая постановка позволяет выполнить всесторонний анализ влияния тех или иных параметров на оптимальность их отработки.

В вероятностной постановке некоторая часть или все исходные данные принимают несколько значений (удоб-но остановиться на трех или пяти вариациях) – в результате формируется множество комбинаций значений переменных аргументов целевой функции и, следовательно, множество значений целевой функции и оптимизируемых параметров целика.

Основными оптимизируемыми параметрами целевой функции являются размеры целиков (длина, ширина, объем запасов) и вынимаемая мощность пласта.

Одновременно оптимизируются технологические схемы отработки целиков: комплексно-механизированная выемка, бурошнековая выемка, с применением очистных комбайнов и индивидуальной крепи и оборудованием специального исполнения, технологические схемы с одинарными, сдвоенными и строенными целиками, с приведением и без приведения дополнительных выработок и т. д.

Решение задачи может включать экономически оправданную зольность и оптовую цену угля.

Особенностью приведенного алгоритма оптимизации и расчета эффективности выемки целиков является возможность учета необходимости и оптимизации как пространственных параметров целиков ($L_ц$, $l_ц$, $Z_ц$) и вынимаемой мощности пласта ($m$), так и технико-

экономических условий их отработки ($C_ш$, $Ц_о$, $C_о$, $L_{под.}$, $L_{пр.}$ и др.).

*Многофакторная зависимость (модель) эффективности отработки целиков*

С учетом силы влияния соответствующих факторов на целевую функцию эффективности извлечения угольных запасов из целиков формируется многофакторная зависимость (модель).

В результате множественного корреляционно-регрессионного анализа получено многофакторное уравнение регрессии:

$$Э_{в.ц.} = 0,28m + 1,60L_ц + 95,62A_ш + +0,32y - 455,76.$$

Коэффициент корреляции *RR = 0,865*, коэффициент детерминации *r=0,748*.

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что в среднем 75 % сформированных вариаций связаны с вариацией отобранных горно-геологических и технологических исходных данных.

*Исследование зависимости экономического эффекта от различных факторов-аргументов*

Перечень факторов в аналитической модели определяется силой влияния каждого из них на целевую функцию. Для оценки точного влияния каждого из факторов – аргументов применен метод парной корреляции.

Основные расчетные факторы сведены в таблицу.

| № | Зависимость | Коэффициент корреляции | Коэффициент детерминации |
|---|---|---|---|
| 1. | $Э_{в.ц.} = f(m)$ | 0,920 | 0,718 |
| 2. | $Э_{в.ц.} = f(l_ц)$ | 0,900 | 0,710 |
| 3. | $Э_{в.ц.} = f(L_ц)$ | 0,880 | 0,702 |
| 4. | $Э_{в.ц.} = f(A_ш)$ | 0,867 | 0,683 |
| 5. | $Э_{в.ц.} = f(y)$ | 0,850 | 0,661 |

На основании данных корреляционно-регрессионого анализа построена гистограмма, отображающая влияние каждого из факторов на величину экономического эффекта при выемке запасов из целиков, которое распределяется следующим образом:

1. Вынимаемая мощность пласта, m – 22 %.
2. Ширина целика, $l_ц$ – 20 %.
3. Длина целика, $L_ц$ – 17 %.
4. Зольность по шахте, $A_ш$ - 15%.
5. Плотность угля, y – 10 %.
6. Прочие факторы – 16 %.

ГИАБ

## *Коротко об авторах*

*Агафонов В.В.* – кандидат технических наук,
*Сошников С.Д.* – горный инженер,
Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 15 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент чл.-корр. РАН *Л.А. Пучков.*