

УДК 65.012.45

В.В. Агафонов

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫБОРА СТРАТЕГИЧЕСКИХ
НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ И ОБНОВЛЕНИЯ
ШАХТНОГО ФОНДА**

Семинар № 13

В последние десять лет состояние шахтного фонда России и научные задачи изменились кардинально.

Обострилось технологическое и социально-экономическое состояние шахт, полностью нарушилась экономика угольной отрасли в целом. Государство не нашло другого приемлемого для угольной промышленности решения, как объявить реструктуризацию предприятий, что в основном «выродилось» в процедуру закрытия шахт.

Ликвидация угольных шахт со сложными горно-геологическими условиями эксплуатации в целом привела к улучшению технико-экономических показателей, - увеличилась среднесуточная добыча угля из действующего очистного забоя, среднесуточная нагрузка на комплексно-механизированный забой и производительность труда возросли почти в два раза.

Однако, уровень производительности и промышленно-экологической безопасности российских шахт значительно ниже зарубежных шахт-аналогов, невзирая на переоснащение большинства из них современной импортной горнодобывающей техникой и одновременно с этим приходится констатировать, что оснований для оптимистических про-

гнозов развития подземной угледобычи к сожалению нет.

Массовое закрытие шахт вызвало необходимость решения новых, нетрадиционных научных, проектных и производственных задач.

Анализ теоретических предпосылок и практики структурной и технологической переработки шахтного фонда показал, что среди основных факторов, приведших к необходимости столь масштабной реструктуризации (путем слабо подготовленного закрытия) угольной промышленности особое место в теоретическом плане отводится игнорированию поэтапности обновления шахтного фонда, поэтапного подхода к проектированию параметров шахт, развития горных работ, технического перевооружения.

Планировочные решения технологических схем угольных шахт в значительной мере определяющих технологию добычи угля подземным способом, в первую очередь нуждаются в теоретическом обосновании и разработке широкого комплекса мер но их соответствующей перестройке.

Оценка технологических схем при этом является непрямым и обязательным элементом программ перспективного развития шахтного фонда на всех стадиях его существования.

Особое значение в этом случае приобретает правильный выбор ме-

тодов оценки, на базе которых разрабатываются основные технологические решения по развитию шахт на длительный промежуток времени.

Общая стратегия решения задачи оценки эффективности технологических схем действующих шахт должна, очевидно, предусматривать создание единой методологической базы, синтезирующей в себе как уже известные положительные аспекты анализа и оценки, так и ряд новых технико-экономических элементов и аспектов решения данной задачи.

В связи с этим системная интерпретация задачи оценки состояния шахтного фонда выглядит следующим образом.

Выявлены семь взаимообусловленных элементов задачи оценки прогрессивности и экономичности технологии подземной добычи угля.

При этом первый элемент расчета позволяет выявить сравнительную благоприятность и технологичность условий работы угольных шахт, - второй элемент оценки показывает к каким сравнительным результатам ведет эта работа, - третий элемент указывает, как влияют показатели качества вскрытия и подготовки шахтных и выемочных полей на технологичность их разработки, - четвертый элемент раскрывает влияние основных процессов угледобычи на формирование технико-экономической эффективности, - пятый элемент раскрывает влияние научно-технического прогресса в целом на технологию подземной добычи угля, - шестой элемент оценивает эффективность технологических схем ведения горных работ с позиций газовой и геомеханической опасностей, формирует представление о системном участии в формировании уровня безопасности того или иного горного, технического или организационного фактора.

Седьмой элемент оценивает влияние экологически негативных компонентов горно-механических, гидро-геологических, газодинамических и радиационных процессов подземной и поверхностной атмосферы на процесс необходимости и целесообразности закрытия шахт. Квалиметрическая интегральная оценка экологического состояния шахт позволяют конкретно обосновывать соответствующие мероприятия по ответственному снижению экологической опасности как в период эксплуатации шахт, так и в период подготовки к закрытию.

Решение первого этапа задачи оценки состояния шахтного фонда должно, в первую очередь, предусматривать выявление, качественное и количественное описание связей между вышеописанными элементами анализируемых шахт, достаточно и полно отражающих качество их функционирования.

Этот аспект требует предварительного выбора систем оценочных показателей-критериев, формирование их единой расчетной базы и методики определения.

В данной работе на основе анализа экономико-математических моделей, основанных на методах корреляционно-регрессионного анализа, методе главных компонент и других приемах математической статистики, позволяющих судить о количественном влиянии отдельных факторов условий производства на технико-экономический уровень, логического и структурного анализа исследований теории и практики в данной области, к интегральной оценке прогрессивности и экономичности технологии подземной угледобычи привлечены показатели, которые в общем случае служат измерителями степени технического и экономического соответст-

вия вариантов технологических схем угольных шахт требованиям, предъявляемым к ним на данном этапе развития техники, технологии и научно-технического прогресса.

Приведение натуральных разно-размерных показателей к однородности осуществляется с использованием формулы вычисления относительных оценок (отклонений)

$$\delta_{ij} = \frac{\left| I_i^{эм} - I_{ij}^{\phi} \right|}{\left(I_i^{\max} + I_i^{\min} \right)}, \quad (1)$$

где I_i^{\max} и I_i^{\min} – соответственно максимальные и минимальные значения натуральных оценочных показателей, $I_i^{эт}$ и I_{ij}^{ϕ} – соответственно эталонные и фактические значения натуральных оценочных показателей.

Основным достоинством вышеприведенной формулы вычисления относительных оценок является то, что она однозначно определяет величину интегральных функционалов в условиях различной оптимальности оценочных показателей при одновременном улучшении качества

$$K_{интj} = f(I, \varphi) \rightarrow \min, \quad (2)$$

т.е. величина отклонений от показателей условной эталон-шахты сравнения, имеющей самый прогрессивный технический уровень основных технологических подсистем должна стремиться к минимуму.

Второй процедурой итеративного цикла формирования целевых функций интегральных функционалов является определение удельных коэффициентов важности частных оценочных показателей, что связано с учётом их неодинаковой народнохозяйственной важности и актуальности (в этом случае равные относительные отклонения разных оценочных показателей приобретают разную количественную величину и вносят различный вклад в процесс формирования

количественной величины интегральных функционалов).

Анализ этих методов показал, что с позиций численной минимизации и удовлетворяющей надёжности и объективности целесообразно воспользоваться одним из методов класса экспертных оценок (метод «Делфи»). Изучение обобщенных мнений экспертов производилось с учетом общеметодологических требований. Коэффициенты вариации, конкордации, χ^2 -Пирсона подтвердили достоверность и надёжность проведенного экспертного опроса.

Следующим этапом в разработке целевых функций интегральных функционалов является выбор рациональной функции свёртки, т.е. суммирующей функции частных критериев воедино, так как метод построения интегрального показателя в общем случае заключается в том, что значения частных показателей-критериев оценки I_{ij} ($i = 1, \bar{m}; j = 1, \bar{n}$) посредством

числовой функции $f(\varphi_i)$, зависящей от параметров φ_i – коэффициентов важности i -х критериев приводятся к сопоставимому с точки зрения полезности виду, после чего сворачиваются с помощью симметрической числовой функции m переменных θ , В результате возникает интегральный критерий

$$K_{инт}(I, \varphi) = \theta \left\{ f(I_1, \varphi_1), \dots, f(I_m, \varphi_m) \right\},$$

$$\varphi = (\varphi_1, \dots, \varphi_m), I = (I_1, \dots, I_m), \quad (3)$$

который функционально связан с исходными показателями и с достаточной степенью точности передаёт всю требуемую информацию.

Возможностью применения в качестве суммирующей степенной средней функции (это семейство свёрток особенно эффективно с позиций, численной минимизации) является в большинстве случаев наличие симметрии гистограммы плотности распределения

196 Таблица 1

1	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \min$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \min$	Поддержание мощности на достигнутом уровне
2	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \min$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \max$	Перевооружение и техническая модернизация
3	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \min$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки
4	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \min$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \max$	Перевооружение и техническая модернизация
5	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \text{sredn}$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \min$	Поддержание мощности на достигнутом уровне
6	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \text{sredn}$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \max$	Перевооружение и техническая модернизация
7	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \text{sredn}$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки
8	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \text{sredn}$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \max$	Проведение текущих мероприятий
9	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \max$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \min$	Поддержание мощности на достигнутом уровне
10	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \max$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \max$	Перевооружение и техническая модернизация
11	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \max$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки
12	$K_{усл.} \approx \min$	$K_{рез.} \approx \max$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \max$	Проведение текущих мероприятий
13	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \min$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \min$	Поддержание мощности на достигнутом уровне
14	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \min$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \max$	Перевооружение и техническая модернизация
15	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \min$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки
16	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \min$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \max$	Перевооружение и техническая модернизация
17	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \text{sredn}$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \min$	Поддержание мощности на достигнутом уровне
18	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \text{sredn}$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \max$	Перевооружение и техническая модернизация
19	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \text{sredn}$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки
20	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \text{sredn}$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \max$	Проведение текущих мероприятий
21	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \max$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \min$	Поддержание мощности на достигнутом уровне
22	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \max$	$K_{вп.} \approx \min$	$K_{нтп.} \approx \max$	Перевооружение и техническая модернизация
23	$K_{усл.} \approx \text{sredn}$	$K_{рез.} \approx \max$	$K_{вп.} \approx \max$	$K_{нтп.} \approx \min$	Реконструкция с изменением схем вскрытия и подготовки

24	$K_{усл.} \approx sredn$	$K_{рез.} \approx max$	$K_{вп.} \approx max$	$K_{нтп.} \approx max$	Закрытие и консервация
25	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx min$	$K_{вп.} \approx min$	$K_{нтп.} \approx min$	Поддержание мощности на достигнутом уровне
26	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx min$	$K_{вп.} \approx min$	$K_{нтп.} \approx max$	Первооружение и техническая модернизация
27	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx min$	$K_{вп.} \approx max$	$K_{нтп.} \approx min$	Путь к закрытию
28	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx min$	$K_{вп.} \approx max$	$K_{нтп.} \approx max$	Путь к закрытию
29	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx sredn$	$K_{вп.} \approx min$	$K_{нтп.} \approx min$	Поддержание мощности на достигнутом уровне
30	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx sredn$	$K_{вп.} \approx min$	$K_{нтп.} \approx max$	Первооружение и техническая модернизация
31	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx sredn$	$K_{вп.} \approx max$	$K_{нтп.} \approx min$	Путь к закрытию
32	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx sredn$	$K_{вп.} \approx max$	$K_{нтп.} \approx max$	Закрытие и консервация
33	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx max$	$K_{вп.} \approx min$	$K_{нтп.} \approx min$	Путь к закрытию
34	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx max$	$K_{вп.} \approx min$	$K_{нтп.} \approx max$	Закрытие и консервация
35	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx max$	$K_{вп.} \approx max$	$K_{нтп.} \approx min$	Закрытие и консервация
36	$K_{усл.} \approx max$	$K_{рез.} \approx max$	$K_{вп.} \approx max$	$K_{нтп.} \approx max$	Закрытие и консервация

Таблица 2

Закрытие и консервация	Поддержание мощности на достигнутом уровне	Реконструкция	Техническое перевооружение и модернизация	На пути к закрытию
шахта Аяч-Яга	шахта Воргашорская	шахта Баренцбург, Северная	шахта Интинская	шахта Замчаловская
шахта Октябрьская1	шахта имени Кирова	шахта Воркутинская, Комсомольская1	шахта Листвяжная	шахта Западная
шахта Подмосковная	шахта Октябрьская2	шахта Заполярная, Капитальная1	шахта Тырганская	ш/у Анжерское
шахта Бельковская	шахта Польсаевская	шахта Восточная, Гуковская	шахта Ургальская	шахта Чертинская
шахта №1 Вертикальная	шахта имени 7 ноября	шахта им. 50 лет Октября		шахта №12
шахта №410	ш/у Котинское	шахта Ростовская, Алмазная		шахта Краснокаменная

шахта Чертинская-Южная	ш. Талдинская-Западная 1	шахта Дальняя, Центральная		шахта им. Ворошилова
шахта №7	ш. Талдинская-Западная 2	ш/у Обуховская		шахта Зиминка
шахта Юнал	шахта Заречная	ш/у Садкинское		шахта Красногорская
Правобережное	шахта Кыргайская	шахта Капитальная 2, Комсомольская 2		
ш/у Шахтерское	шахта Абашевская ш/у Юбилейное ш/у Есаульское ш/у Грамотеинское шахта Распадская шахта Полосухинская шахта им. Ленина	шахта Коркинская, Березовская шахта Первомайская, Красноярская ш/у Физкультурник ш/у Сибирское шахта Комсомолец, Егзовская шахта Тайжина, ш. Анжерская-Южная бл. № 2 шахта Салек, шахта Зеленогорская ш/у Ленинское, Солнцевское ш. № 1 шахта Антоновская, шахта Томусинская шахта Колмогоровская, Большевик ш. Конюхтинская-Южная, Котуй шахта Дальние Горы, Джебарики-Хая шахта Коксовая, Нагорная шахта Зенковская, Угольная шахта им. Дзержинского шахта Томская, Осинниковская Гидрошахта Липовецкая шахта Алардинская Быковуголь (ш. Долинская)		

относительных оценок частных показателей - критериев оценки, а в общем случае подчинение их нормальному закону распределения.

Определение параметров и характеристик, а также вида теоретических кривых распределений было произведено путём применения стандартных программ пакета прикладных программ аппроксимации различными кривыми распределения.

Результаты, полученные в результате исследований позволяют принять в качестве функции свертки квадратичную среднеарифметическую функцию вида

$$K_{\text{инт.}j} = f\{I_{ij}, \varphi_i\} = f\{\delta_{ij}, \varphi_i\} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\delta_{ij} \cdot \varphi_i)^2} \rightarrow \min, \quad (4)$$

После проведения расчетных процедур (числовых значений интегральных функций) формируется довольно большой объем содержательной информации, анализ которой требует соблюдения определенной последовательности, так как конечной целью анализа является выделение структурно-определенных групп шахт и принятия решения по их закрытию, консервации или развитию. Следует отметить, что в общем случае воз-

можны 2187 сочетаний интегральных показателей

$$K_{\text{инт}}^{\text{ГГ}}, K_{\text{инт}}^{\text{П.Т.У.С.}}, K_{\text{инт}}^{\text{П.Т.У.Р.}}, K_{\text{инт}}^{\text{Э}},$$

$$K_{\text{инт}}^{\text{В.Н.}}, K_{\text{инт}}^{\text{Н.Т.Н.}},$$

которые однозначно определяют выбор одного из стратегических направлений развития и совершенствования шахтного фонда (закрытие, путь к закрытию, техническое перевооружение и модернизация, реконструкция, поддержание мощности на достигнутом уровне). Некоторые из сочетаний однозначно никогда не встречаются в практике функционирования горнодобывающих предприятий, поэтому исходя из статистических исследований всю исходную совокупность интегральных функционалов в обобщенном виде можно свести в табл. 1.

В интегральную оценку состояния шахтного фонда России были вовлечены 90 шахт, за исключением строящихся.

Исходные данные (номенклатура всех оценочных показателей-критериев) представлены ЗАО «Росинформуголь».

Разбиение шахт по стратегическим направлениям обновления и развития приведено в табл. 2. **ТАБ**

Коротко об авторе

Агафонов В.В. – кандидат технических наук, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 13 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.В. Мельник.

