

УДК 622.33

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ УГЛЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ

^{1,2}Москаленко Т.В., ^{1,2}Ворсина Е.В., ³Катина Е.А.

¹ФГБУН «Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского» Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: labkiy@mail.ru;

²Технический институт (филиал), ФГАО УВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Нерюнгри;

³Открытое акционерное общество «Штурманские приборы», Санкт-Петербург

В статье для оценки эффективности управления качеством угля при подземной добыче предложено использование критерия, характеризующего основное функциональное назначение шахты как объекта. Функция шахты может быть раскрыта как максимально возможный объем добычи угля с наилучшим его качеством в конкретных условиях эксплуатации при имеющейся технике, технологии и методах управления качеством выпускаемой продукции. Как функциональный критерий для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля принято произведение коэффициента изменения качества полезного ископаемого в процессе добычи и коэффициента использования проектной мощности шахты. Проанализированы возможные варианты значений функционального критерия при различных комбинациях значений зольности и объемов добываемого угля, рассмотрены соответствующие технологические решения по управлению качеством выпускаемой продукции при эксплуатации шахты. Показано, что предложенный функциональный критерий количественно отражает полноту выполнения заданной функции шахты и может быть применен для оценки эффективности технологии подземной добычи при решении вопросов управления качеством угля.

Ключевые слова: шахта, уголь, управление качеством, безэкспертная методика, функциональный критерий, зольность

FUNCTIONAL INDEX FOR ASSESSMENT THE MANAGEMENT EFFICIENCY OF QUALITY OF COALS IN UNDERGROUND MINING

^{1,2}Moskalenko T.V., ^{1,2}Vorsina E.V., ³Katina E.A.

¹Mining Institute of the North named after N.V. Chersky SB RAS, Yakutsk, e-mail: labkiy@mail.ru;

²Technical Institute (branch) of North-Eastern Federal University named after M. Ammosov, Neryungri;

³JSC «Navigation devices», St. Petersburg

The article proposed the use of the functional index for assessing the effectiveness of management of the coal's quality in underground mining. Functional index describes the basic functionality of the mine as an object. Mine function can be disclosed as the maximum possible volume of coal production with the best quality in the specific conditions at the existing technology, technology and quality management products. As a functional index for assessing the impact of underground mining technology on the quality (ash) coal mined accepted work coefficient changes in the quality of minerals in the process of production and utilization of design capacity of the mine. The possible options for the functional index values for various combinations of values of the ash content and volume of coal produced, considered appropriate technological solutions for managing product quality at the mine operation. This article shows that the proposed functional index quantitatively reflects the completeness of performing a given function of the shaft and can be used to assess the efficiency of underground mining technology in dealing with coal quality management.

Keywords: mine, coal, quality management, without-expert technique, functional index, ash content

Ископаемый уголь является горючей осадочной породой органического (растительного) происхождения, которая состоит из углерода, водорода, кислорода, азота и других второстепенных компонентов. Это обобщенное определение дает очень поверхностное понимание об углях. Разнообразие условий формирования угольных месторождений так велико, что большое количество показателей, позволяющих оценить качество углей, составляют не одну классификацию. Если обобщить действующие

классификации, то оценка качества ископаемых углей ведется по трем параметрам: по составу ископаемых растений-углеобразователей, степени метаморфизма и теплотворной способности.

Растения-углеобразователи – это то, «из чего образовался уголь». Изучением микрокомпонентов, ингредиентов, петрографических типов ископаемых углей, их состава, физических и химических свойств, текстуры, структуры и происхождения занимается углепетрография.

Метаморфизм – это «как образовался уголь» под воздействием температуры и давления. В США и некоторых европейских странах классы угля по возрастанию стадий метаморфизма подразделяют на лигнит, суббитуминозный уголь, битуминозный уголь и антрацит. В СССР, а теперь и в России выделяют три стадии метаморфизма: буроугольная, каменноугольная и антрацитовая. Различия в стадии метаморфизма определяются на основе химических анализов, свидетельствующих о последовательном уменьшении влажности и выхода летучих веществ, а также увеличении содержания углерода.

Теплотворная способность – характеризует «какое количество теплоты превращается в полезную энергию», и зависит от количества горючих веществ в составе топлива. В процессе углеобразования в уголь попадают различные примеси, образуя негорючую часть – золу. Относительное содержание золообразующих веществ в угле определяет качество (сортность) угля. В высокосортном угле меньше золы, чем в низкосортном, поэтому он пользуется большим спросом и значительно дороже в ценовом отношении.

Эти параметры полностью зависят от условий формирования углей, но только теплотворную способность углей можно изменить: улучшить обогащением или ухудшить путем засорения породными прослоями или вмещающими породами. Свойства добываемого угля, наряду со стоимостными показателями его добычи и транспортировки, оказывают решающее влияние на заключение договоров на поставку продукции потенциальным потребителям. Засорение (разубоживание) угля тесно связано с техникой и технологией, применяемой при разработке месторождения, а также с организацией непосредственно очистных работ. Поэтому в условиях эксплуатации угледобывающего предприятия снижение его зольности составляет один из основных вопросов управления качеством выпускаемой продукции.

Процесс управления качеством угольной продукции – один из самых сложных процессов управления производством, т.к. качество угольной продукции формируется под совокупным воздействием как описанных выше качественных показателей углей в массиве (в условиях естественного залегания), так и показателей отражающих принятые технологические и технические решения при проектировании и эксплуатации горного предприятия [1, 4].

В настоящее время для оценки и сравнения качества продукции широкое применение получила методика безэкспертной оценки качества, разработанная на кафедре «Технология и комплексная механизация» МГГУ. Основываясь на фундаментальных методах квалиметрии, данная методика позволяет количественно оценивать технический уровень и качество продукции за счет учета конечного результата функционирования объекта и его количественного определения [5–7]. Это предопределило ее применение не только для оценки качества горных машин, но и для оценки выполнения заданной функции других объектов [3].

В качестве функционального критерия целесообразно использовать показатель, характеризующий основное функциональное назначение объекта. Для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля, прежде всего необходимо иметь меру, на основании которой можно оценить выполнение заданной функции шахты как объекта.

Главным назначением угледобывающего предприятия является максимально эффективная добыча угля в конкретных условиях с наилучшим качеством. За меру эффективности добычи принимаем выполнение проектной производственной мощности, за меру максимально возможного качества выпускаемой продукции (угля) – изменение зольности в процессе добычи. Исходя из этого, функциональный критерий шахты при решении вопросов управления качеством угля можно выразить следующим образом:

$$\lambda = f(K_m, K_k),$$

где K_m – коэффициент использования проектной мощности; K_k – коэффициент изменения качества полезного ископаемого [2].

Коэффициент использования проектной мощности характеризует уровень использования введенной в действие новой мощности с целью достижения стабильного выпуска продукции не ниже предусмотренного проектом уровня. Он определяется как отношение фактического объема выпуска продукции ($V_{\text{фак}}$), предусмотренного проектом, к величине проектной мощности ($V_{\text{пр}}$).

$$K_m = \frac{V_{\text{фак}}}{V_{\text{пр}}}.$$

На основании полученных с помощью этого коэффициента данных можно судить о ходе освоения проектных мощностей и о технико-экономических показателях в пределах нормативного срока.

При разработке угольных месторождений коэффициент изменения качества при добыче выражают через содержание полезного компонента, теплоту сгорания или валовую ценность:

$$K_k = \frac{100 - A_d}{100 - A_6} = \frac{T_d}{T_6} = \frac{\Pi_d}{\Pi_6},$$

где A_d – зольность добытого угля, %; A_6 – зольность балансовых запасов, %; T_d – теплотворная способность добытого топлива, ккал/т; T_6 – теплотворная способность балансовых запасов, ккал/т; Π_d – ценность 1 т добытого угля; Π_6 – ценность 1 т балансовых запасов.

Таким образом, функциональный критерий шахты при решении вопросов управления качеством выпускаемой продукции можно выразить следующим образом:

$$\lambda = K_k \cdot K_d = \frac{100 - A_d}{100 - A_6} \cdot \frac{V_{\text{факт}}}{V_{\text{пр}}}.$$

Значение данной величины отражает эффективность выполнения заданной функции шахты как объекта: максимально возможной добычи угля с наилучшим качеством в конкретных условиях эксплуатации при имеющейся технике, технологии и методах управления качеством выпускаемой продукции.

Различают теоретический, технический и эксплуатационный функциональный критерий.

Теоретический функциональный критерий представляет собой наибольшее достижимое значение интенсивности выполнения объектом своей функции при непрерывной работе с номинальными параметрами в расчетных условиях эксплуатации.

Технический функциональный критерий представляет собой наибольшее достижимое значение интенсивности выполнения объектом своей функции при технически возможной непрерывности работы и достигнутой надежности в расчетных условиях эксплуатации.

Эксплуатационный функциональный критерий представляет собой наибольшее достижимое значение интенсивности выполнения объектом своей функции с учетом организационно-технических неполадок, а также надежности взаимосвязанных процессов горных работ в конкретных условиях эксплуатации.

Для расчета теоретического функционального критерия шахт за весь срок существования (или за определенный промежуток времени при наличии таких проектных данных) в качестве значений объема добычи угля, зольности добытого и зольности балансовых запасов применяются средне-

рифметические проектные значения за рассматриваемый период:

$$\lambda_r = K_k \cdot K_d = \frac{100 - A_{d(\text{ср})}}{100 - A_6} \cdot \frac{V_{\text{ср}}}{V_{\text{пр}}}. \quad (1)$$

Для расчета эксплуатационного функционального критерия шахт за определенный промежуток времени (месяц, год) в качестве значений объема добычи и зольности добытого угля применяются соответствующие среднеарифметические фактические значения за рассматриваемый период ($A_{d(\text{факт})}$ и $V_{\text{факт}}$):

$$\lambda_3 = K_k \cdot K_d = \frac{100 - A_{d(\text{факт})}}{100 - A_6} \cdot \frac{V_{\text{факт}}}{V_{\text{пр}}}. \quad (2)$$

Исходя из физического смысла обозначенного нами функционального критерия, в общем виде можно заключить, что:

- при $\lambda \geq 1$ рассматриваемый объект (шахта) полностью выполняет свои функции;
- при $\lambda < 1$ рассматриваемый объект (шахта) не в полной мере выполняет свое основное назначение.

Эти утверждения справедливы как для теоретического, так и для эксплуатационного функционального критерия. На примере расчета эксплуатационного критерия рассмотрим следующие комбинации значений качества добываемого угля и объемов добычи и соответствующие технологические решения по управлению качеством добываемого угля.

$$1. A_{d(\text{факт})} = A_6 \text{ при } V_{\text{факт}} = V_{\text{пр}}.$$

В этом случае $\lambda_3 = 1$, что характеризует отсутствие потерь и полную технико-технологическую реализацию функции шахты, в том числе и в вопросе извлечения качественного полезного ископаемого в полном объеме. Это наиболее желательный вариант работы шахты, к которому необходимо стремиться (т.е. достижимый уровень).

$$2. A_{d(\text{факт})} = A_6 \text{ при } V_{\text{факт}} > V_{\text{пр}}.$$

Здесь $\lambda_3 > 1$. Это характеризует рассматриваемый объект как полностью выполняющий свои функции. Но превышение объемов добычи является отступлением от проекта и может осуществляться на небольших временных отрезках, что в расчете на более длительный период приведет к варианту $V_{\text{факт}} = V_{\text{пр}}$. К этому же варианту приведет и изменение проектных объемов добычи, если их увеличение является производственной необходимостью.

$$3. A_{d(\text{факт})} = A_6 \text{ при } V_{\text{факт}} < V_{\text{пр}}.$$

В результате $\lambda_3 < 1$, и при этом варианте шахта не выполняет плановые объемы по

добыче, но извлечение полезного ископаемого не снижает его качества. Решением в этой ситуации являются меры технологического характера. При этом необходимо следить, чтобы проведенные изменения не привели к увеличению зольности, а следовательно, к снижению качества добываемого полезного ископаемого.

$$4. V_{\text{факт}} = V_{\text{пр}}, A_{\text{д(факт)}} < A_{\text{б}}.$$

При этом $\lambda_3 > 1$, а общая ситуация характеризуется повышением качества добываемого угля по сравнению с заложенным качеством при подсчете запасов и проектировании шахты. Данная ситуация может возникнуть как в случае ведения работ на локальном участке с низкими значениями зольности, так и с общим снижением зольности на месторождении в связи с погрешностями опробования при проведении разведки месторождения. В первом случае (локальный участок) такая ситуация является временной, во втором случае (уточнение качества при доразведке) более длительной или постоянной, что облегчает стратегию управления качеством угля.

$$5. V_{\text{факт}} = V_{\text{пр}}, A_{\text{д(факт)}} > A_{\text{б}}.$$

При таких условиях $\lambda_3 < 1$, что характеризует недостатки в работе по управлению качеством. В этом случае необходимо рассмотреть изменение качества на каждом участке производства горных работ от забоя до склада и принять соответствующие меры. Например, анализ выявил увеличение зольности при выемке угля комбайном, тогда решением может быть уменьшение толщины стружки и более тщательный контроль выемки в почве и кровле пласта. В этом случае достаточно технических изменений условий добычи, транспортировки, усреднения или складирования угля.

$$6. V_{\text{факт}} < V_{\text{пр}}, A_{\text{д(факт)}} > A_{\text{б}}.$$

Этот вариант характеризует самую критическую ситуацию, при этом $\lambda_3 \ll 1$, и это говорит о том, что рассматриваемый объект (шахта) не выполняет свое основное назначение как по обеспечению объемов производства угля, так и по его качественным характеристикам. В этом случае после тщательного анализа всех звеньев добычной цепи наряду с техническими изменениями в работе шахты скорее всего понадобятся и технологические изменения. При этом должны быть произведены комплексные изменения и внедрения определенных изменений, касающихся как технической, так и технологической стороны добычи с контролем отклика ситуации на вносимые изменения.

Приведение ситуации по выдаче угля определенного качества в данном случае является длительным и требующим значительных материальных вложений процессом.

Предложенный функциональный критерий шахты полностью отражает эффективность выполнения шахтой ее функций, то есть добычи определенных объемов угля с определенным качеством (зольностью), и позволяет количественно оценить эффективность управления качеством угля при подземной добыче. Значения функционального критерия могут быть применены для оценки эффективности технологии подземной добычи при решении вопросов управления качеством угля, как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации шахты (формулы (1) и (2) соответственно). При этом необходимо рассматривать как уровень функционального критерия в целом, так и его составляющие для определения направления, в котором необходимо проводить улучшения. В случае, когда функциональный критерий меньше единицы, необходимо пошагово рассмотреть изменение зольности от забоя до склада (потребителя), разработать меры по улучшению ситуации и по контролю полученных изменений применительно к конкретным условиям работы. Таким образом, предложенный функциональный критерий шахты позволит не только определить уровень эффективности работы шахты, но и оперативно проанализировать варианты различных технических и технологических решений по добыче угля с целью получения товарной продукции наилучшего качества.

Список литературы

1. Артемова Е.А., Ворсина Е.В., Москаленко Т.В. Выбор показателей для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля в условиях Севера // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18352> (дата обращения: 29.07.2016).
2. Артемова Е.А., Москаленко Т.В., Ворсина Е.В. Определение функционального критерия шахт для решения вопросов управления качеством // Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 7 (специальный выпуск 30). – С. 430–436.
3. Ворсина Е.В. Оценка и повышение эффективности технологии добычи угля на малых разрезах севера: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Нерюнгри, 2006.
4. Квагинидзе В.С., Ворсина Е.В. Выбор показателей для оценки эффективности технологии добычи угля на малых разрезах Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень. Региональное приложение Якутия. – М.: МГГУ, 2005. – № 4 – С. 133–139.
5. Солод Г.И., Морозов В.И., Русихин В.И. Технология машиностроения и ремонт горных машин. – М.: Недра, 1988. – 421 с.
6. Солод Г.И. О квалиметрии. – М.: МГИ, 1991. – 94 с.
7. Солод Г.И., Радкевич Я.М. Управление качеством горных машин. – М.: МГИ, 1985. – 95 с.