© Е.А. Ермаков, В.В. Сенкус, 2015

УДК 622. 06:62.192+622:338.91+622.8

*Е.А. Ермаков, В.В. Сенкус*

# МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ШАХТ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОМУ КРИТЕРИЮ И УСЛОВИЯМ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Рассмотрен вопрос выбора вариантов технологических схем угольных шахт на основе экономического критерия и условиям промышленной безопасности.*

*Ключевые слова: методика, оценка, эффективность, технологическая схема, критерий, промышленная безопасность.*

Методика оценки эффективности технологических схем шахт ТСШ разработана на основе структуры системы управления, приведенной на рис. 1, а структура с учетом принципов управления эффективностью ТСШ представлена на рис. 2.

Эффективность ТСШ предлагается оценивать на основе эвристического анализа производственной деятельности шахт Кузбасса за период 1999–2013 гг. по экономическому критерию посредством сравнения суммарного дисконтированного эффекта при отработке шахтного поля по разным вариантам.

Один из вариантов принимается в качестве базового и отношение дисконтированного эффекта сравниваемых вариантов будет характеризовать эффективность ТСШ по экономическому критерию [3]

$$J_p = \frac{\sum_1^{\tau}\{Ц_{Ht}^{i}[1+\sum_1^{n}P_n^{i}\left(j_{nH}^{i}-j_{nф}^{i}\right)]-K_t^{i}-C_t^{i}\}\beta_t^{i}}{\sum_1^{\tau}\{Q_t^{Б}Ц_{Ht}^{Б}[1+\sum_1^{n}\left(j_{nH}^{Б}-j_{nф}^{Б}\right)]-K_t^{Б}-C_t^{Б}\}\beta_t^{Б}} \quad (1)$$

где $J_p$ – относительный показатель эффективности ТСШ по экономическому критерию; $Q_t^i$, $Q_t^Б$ – добыча горного предприятия при работе по $i$-ой и базовой ТСШ соответственно, т/год; $Ц_{Ht}^i$, $Ц_{Ht}^Б$ – рыночная цена угля при работе предприятия по $i$-ой и базовой ТСШ соответственно при удовлетворении всех ожидаемых покупателем частных характеристик качества угля, руб/т; $n$ – количество частных показателей качества продукции; $P_n^i$, $P_n^Б$ – вес $n$-го частного показателя качества продукции при работе предприятия по $i$-ой и базовой ТСШ соответственно; $j_{nH}^i$, $j_{nH}^Б$ – нормативное значение $n$-го показателя качества продукции при работе предприятия по $i$-ой и базовой ТСШ соответственно; $j_{nф}^i$, $j_{nф}^Б$ – фактическое значение $n$-го показателя качества продукции при работе предприятия по $i$-ой и базовой ТСШ соответственно; $K_t^i$, $K_t^Б$ – капитальные вложения суммарно по процессам разведки, строительства, технического перевооружения, поддержания и расширения мощности в каждом $t$-ом году при работе предприятия по $i$-ой и базовой ТСШ соответственно; $\beta_t^i$, $\beta_t^Б$ – коэффициенты дисконтирования при работе предприятия по $i$-ой и базовой ТСШ соответственно; $t$, $\tau$ – порядковый номер года проведения оценки и год завершения разработки запасов шахтного поля.

В частном случае учет влияния зольности, влажности и содержания серы в угольной продукции на эффективность ТСШ можно оценить посредством замены в формуле (1)

$$\sum_{i=1}^{n} P_i \left( j_{iн} - j_{iф} \right) = 0,025(A_н - A_ф) + 0,013(W_у - W_а) + 0,05(S_н - S_а), \quad (2)$$

где $A_н$, $A_ф$ – нормативная и фактическая зольность угольной продукции, %; $W_н$, $W_ф$ – нормативное и фактическое содержание влаги в угольной продукции, %; $S_н$, $S_ф$ – нормативное и фактическое содержание серы в угольной продукции, %.

Обоснование технологических и технических решений для повышения эффективности ТСШ предлагается проводить по относительному показателю эффективности.

В качестве базовой ТСШ может быть принята ТСШ действующей или проектируемой рентабельной шахты, целесообразность модернизации которой определяется по условию $J_р > 1$.

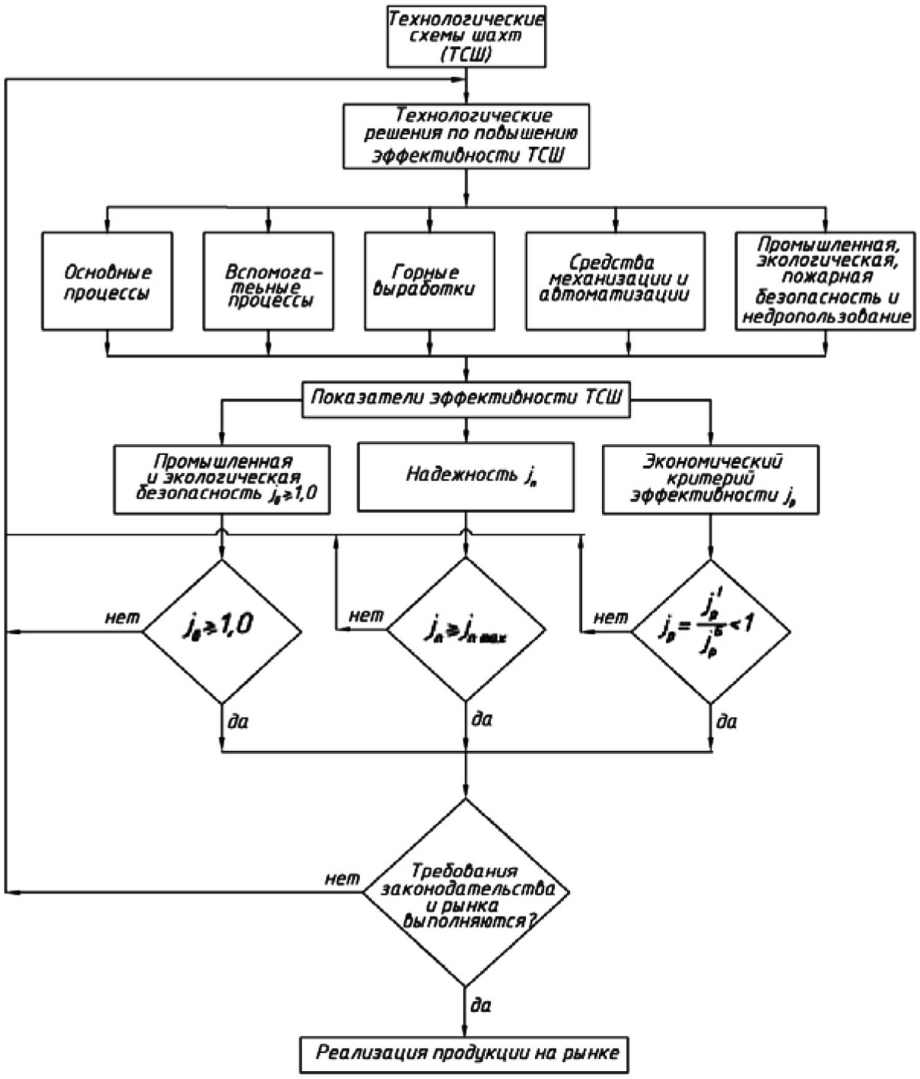


***Рис. 1. Структура системы управления эффективностью ТСШ***

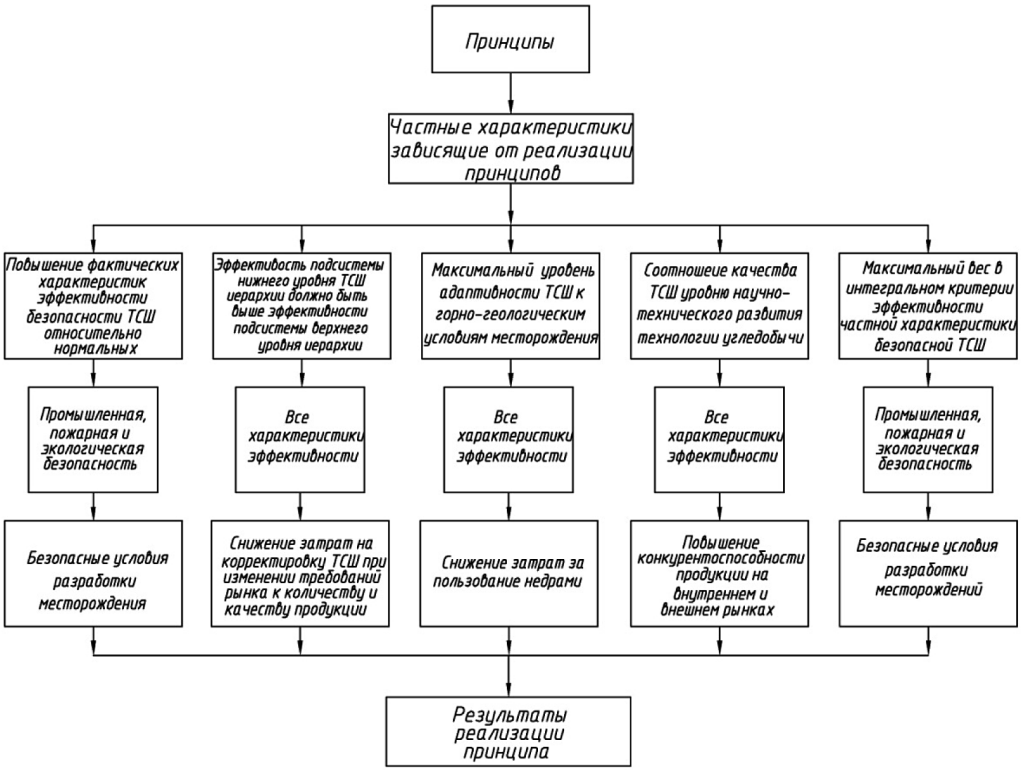


***Рис. 2. Принципы управления эффективностью ТСШ***

При $J_р > 1$ проект вложения инвестиций в развитие шахтного фонда следует реализовать, а при $J_р < 1$ проект следует признать экономически неэффективным.

По формуле (1) удельные эксплуатационные затраты $C$, связанные с выполнением процессов и операций ТСШ, можно использовать как характеристику эффективности, определяющую соответствие технологических и технических решений, технических средств и организации производственного процесса передовому опыту и достижения научно-технического прогресса, которые применяются на угледобывающих предприятиях конкурентов на рынке сбыта угольной продукции.

По законам рыночных отношений, максимальная эффективность технологических процессов и операций ТСШ соответствует минимальным производственным затратам. Для прогноза производственных затрат существует множество экономико-математических моделей. Однако надежность получаемых результатов невысокая, что связано с динамикой рыночных цен, многообразием влияющих факторов, сложностью моделей.

Прогноз технико-экономических показателей на шахтах ОАО «ОУК «Южкузбассуголь», проведенный для разработки проектно-сметной документации при перспективном планировании горных работ, позволил установить, что при эволюционном развитии ТСШ наиболее надежными являются технолого-экономические модели, базирующиеся на ретроспективной информации

с корректировкой фактических данных по эмпирическим зависимостям. Для разработки алгоритма такой зависимости предлагается использовать мультипликативную модель вида

$$C_Э = C_Б \prod_{i=1}^{n} x_i^{m_i}, \qquad (3)$$

где $C_э$ – проектная производственная себестоимость предприятия, отрабатывающего угольные пласты в пределах шахтного поля по принятой в проекте технологической схеме, руб./т; $C_Б$ – фактическая производственная себестоимость предприятия; $m_i$ – эмпирический коэффициент, учитывающий влияние на затраты *i*-го параметра ТСШ; *n* – количество значимых факторов; $X_i$ – отношение *i*-го критерия проектируемой и действующей (базовой) ТСШ.

Параметры зависимости (3) определяются по фактическим показателям девяти шахт ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» с учетом динамики цен во времени.

Для определения эффективности инвестиций при разных вариантах использования запасов угля в недрах, приняты результаты исследований, приведенные в горной литературе [1–7, 10–23], которых качество угольных месторождений рассматривается независимо от технологии угледобычи.

Сложившаяся практика проектирования угледобывающих предприятий включает этапы геологического изучения строения месторождения с последующей разработкой технологической части проекта. При разработке проектной документации в соответствии с заданием на проектирование предприятия зачастую принимаются проектные решения, не соответствующие реальной горно-геологической ситуации. В качестве примера можно привести шахты «Казанковская», «Шушталепская», «Краснокаменская», «Кыргайская», «Антоновская», «Анжерская Южная» в Кузбассе. Принятые в проектах технологические системы шахт с длинными комплексно- механизированными очистными забоями (КМЗ) оказались не адаптивными к сложным горно-геологическим условиям.

По данным Комитета природных ресурсов по Кемеровской области [23–24], несоответствие принятой в проектах шахт технологии угледобычи горно-геологическим условиям приводит к необходимости списания балансовых запасов угля в объемах, превышающих уровень добычи в Кузнецком угольном бассейне (рис. 3).

В соответствии с разработанными принципами, можно утверждать, что нельзя получить высокую эффективность ТСШ при низком качестве месторождения полезных ископаемых, поэтому на стадии проектирования необходимо оценивать эффективность ТСШ по качеству геологических характеристик шахтного поля.

Существует множество методик экономической оценки месторождений полезных ископаемых [3–4, 7, 12, 21, 25–28], в которых учитывается влияние тектоники, гидрогеологии, характеристик угольных пластов, наличие попутных полезных ископаемых и компонентов, разведанность и запасы шахтного

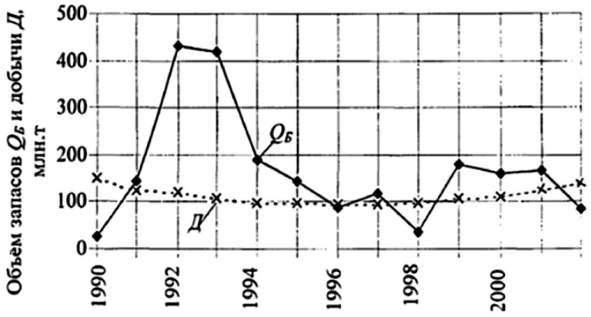


***Рис. 3. Графики изменения списанных балансовых запасов $Q_Б$ и добычи Д угля в Кузбассе***

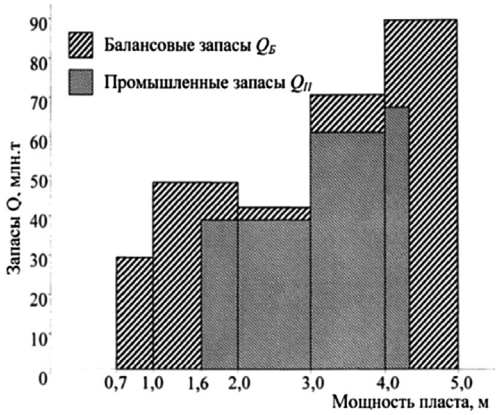


***Рис. 4. Схема определения адаптивности технологической схемы шахты по мощности пласта***

поля. Технология отработки угольных пластов выбирается при оценке месторождения по соответствию ТСШ с длинными КМЗ и горнотехническими условиями эксплуатации. Альтернативные ТСШ рассматриваются в современных проектах шахт редко, поэтому такой методический подход при проектировании шахт и разрезов приводит к снижению извлечения балансовых запасов в пределах отдельных шахтных полей, а коэффициент извлечения запасов падает до 0,4.

Приведенные на рис. 3 графики изменения списанных по разным причинам балансовых запасов и объемов добычи угля в Кузбассе показывают, что объемы списанных запасов угля превышают объемы добычи. Отношение объема списанных запасов угля к добыче за период 1990–2002 гг. составило в среднем 1,6. Период 2003–2005 гг. к учету и анализу не принимался, поскольку объем списанных запасов снизился до 13 205 тыс. т за счет административных барьеров, установленных Министерством природных ресурсов РФ.

Анализ данных свидетельствуют о несоответствии ТСШ горно-геологическим и горнотехническим параметрам угольных месторождений Кузбасса. Следовательно, существующие нормы технологического проектирования, эталоны и нормативные документы не обеспечивают рациональное недропользование.

Одним из путей улучшения системы недропользования является применение технологических систем шахт, адаптивных к геологическому строению шахтного поля.

Идея применения адаптивного управления подземной технологией угледобычи была предложена и реализована в научных работах Е.И. Рогова, Г.И. Грицко, В.Н. Вылегжанина, Э.И. Витковского, В.П. Потапова и др. [9, 29]. По результатам этих исследований ТСШ можно рассматривать как адаптивную искусственную управляемую систему, которая приспосабливается к изменениям горно-геологических условий, требованиям техники безопасности и рынка.

В работах [9, 29–30] предлагается использовать критерий адаптации ТСШ к внешней среде. Взаимодействие ТСШ и внешней среды осуществляется через множество связей, по каждой из которых вычисляется критерий адаптации, рассматриваемый как мера эффективности частной характеристики ТСШ.

Например, балансовые запасы угля в пределах шахтного поля по мощности пласта распределяются в соответствии с графиком, приведенном на рис. 4.

Отношение объема добычи угля на пластах мощностью 1,6–2,4 м к общим балансовым запасам является мерой адаптивности технологии угледобычи по критерию качества недропользования в этом диапазоне мощностей. Аналогично можно построить графики по углу падения пластов, газоносности, дизъюнктивной нарушенности углепородной толщи и др.

При применении технологической системы шахты с выемкой угля длинными КМЗ адаптивность технологической схемы по частной характеристике – полнота выемки угля определяется по формуле

$$\mu_i = \frac{Q_п}{Q_Б}, \quad (4)$$

где $\mu_i$ – уровень адаптивности *i*-ой ТСШ к горно-геологическим и горно-техническим условиям шахтного поля (коэффициент извлечения полезных ископаемых в пределах горного отвода); $Q_П$, $Q_Б$ – промышленные и балансовые запасы шахтного поля соответственно.

Для количественной оценки эффективности ТСШ по коэффициенту извлечения угля предлагается использовать понятие упущенной выгоды при отработке угольных пластов по разным технологическим системам, полученной после реализации угольной продукции, добытой по фактической и базовой технологическим схемам.

Угледобывающее предприятие имеет возможности использовать свои денежные средства и получить определенный эффект. Эти возможности распространяются и на варианты отработки шахтного поля с различными ТСШ, которые отличаются полнотой извлечения запасов угля.

При выборочной отработке запасов угольных пластов, адаптивных к технологии механизированной выемки угля в длинных очистных забоях, сокращается срок отработки запасов и снижается эффективность использования капитальных вложений, но при этом варианте высвобождаются инвестиции, которые были приняты в проекте при отработке участков пластов с забалансовыми запасами угля и могут быть направлены на реализацию другого проекта.

С другой стороны, увеличение полноты извлечения балансовых запасов угля, в том числе неблагоприятных для очистных КМЗ, может быть достигнуто за счет применения новых технологий угледобычи, на разработку и адаптацию к условиям шахт которых потребуются дополнительные затраты.

Путем сравнения разных вариантов ТСШ можно оценить упущенную выгоду варьированием коэффициента извлечения балансовых запасов. Величина упущенной выгоды зависит от уровня развития техники и технологии угледобычи, а также конъюнктуры рынка угля, что подтверждается процессами реструктуризации угольной отрасли России.

Эффективность вложения инвестиций в другие отрасли привело к банкротству и ликвидации 150 шахт, ас изменением конъюнктуры рынка угля начались обратные процессы – расконсервации шахтных полей («Тайжина», «Карагайлинская», «Казанковская», «Томусинская 5–6» и др. в Кузбассе).

Следовательно, оценка эффективности ТСШ по экономическому критерию связана с полнотой извлечения угля из недр, поэтому предлагается использовать интегральный мультипликативный критерий оценки эффективности ТСШ, объединяющий эффективность ТСШ по экономическому критерию и по полноте извлечения угля из недр. Для этого в (1) принимается $J_р = 1$ и варьированием коэффициента извлечения угля определяется область применения различных вариантов ТСШ.

Анализ результатов статистических исследований [2, 8] показывает, что потенциальная опасность шахт России остается высокой и составила в среднем по России в 2003–2004 гг. 0,14 аварии на 1 млн т добычи, в том числе на шахтах Кузбасса – 0,13 или 75% от общего количества аварий.

Виды аварий ранжируются следующим образом: экзогенные и эндогенные пожары – 40,3%, обрушение пород – 11,5%, взрывы газа и пыли – 32,7%, внезапные выбросы угля и газа, а также горные удары – 5,6%, прочие ава-

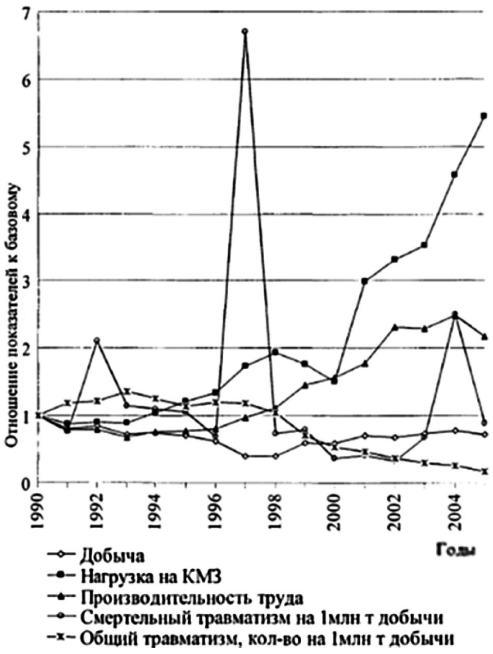


***Рис. 5. Сравнительная оценка технико-экономических показателей уровня травматизма на шахтах ОАО «ОУК «Южкузбассуголь»***

рии – 9,6%. [4]. Данные подтверждают низкий уровень адаптивности применяемых ТСШ к горно-геологическим и горнотехническим условиям и недостаточную эффективность ТСШ.

На разных этапах развития горной науки и практики применялись разные критерии эффективности ТСШ по условиям промышленной безопасности: социальные, экономические, экологические и др. [31–36].

В настоящее время на шахтах России преобладают экономические критерии, что подтверждается опережением темпов стабильного улучшения технико-экономических показателей шахт по сравнению с неустойчивыми темпами снижения уровня травматизма (рис. 5).

Приведенные графики травматизма получены посредством деления соответствующих показателей года к уровню 1990 г. и при их построении принято отношение частот смертельного и общего травматизма на 1 млн т добычи в соответствующий период.

С учетом тенденций графиков предлагается учитывать экономический ущерб от реализации мероприятий по промышленной безопасности в виде производственных затрат в формуле (3), а социальные и экономические последствия в виде ограничений в ней или частного показателя качества в формуле (4).

Использование при анализе только одного из указанных критериев не приводит к адекватной реальной оценке качества технологической схемы шахты. Например, если учитывать только социальный фактор, то необходимо ликвидировать все опасные производства. Однако история развития человеческого общества свидетельствует об обратном: люди постоянно рискуют жизнью ради получения благ или удовлетворения в: спорте, войнах, движении с большой скоростью на транспорте и др.

Оценка эффективности технологической системы по промышленной безопасности с использованием только экономического критерия приводит к другой крайности: при дешевой рабочей силе и низком уровне социальных благ (Россия, КНР, Индия и др.) выгодно использовать дешевый ручной труд без приобретения дорогостоящего автоматизированного оборудования. Такие периоды в истории стран, характеризуются высоким уровнем ручного труда и производственного травматизма, периодически повторяются, например, во время войн, экономических кризисов и др.

Для оценки эффективности технологических систем по уровню промышленной безопасности необходимо ввести комплексный критерий, учитывающий социальные, экономические и экологические последствия отработки угольных пластов по этим системам.

Для опасных производственных объектов разработаны и применяются несколько показателей эффективности системы обеспечения промышленной безопасности: общий и смертельный травматизм, коэффициент частоты травматизма (количество случаев травматизма, деленное на 1000 работников), коэффициент тяжести (количество дней нетрудоспособности в результате травм, приходящееся на одного пострадавшего); показатель частоты травматизма на 1 млн т добычи и др.

Многие авторы считают, что большинство несчастных случаев на производстве – события случайные и апроксимируются простым пуассоновским потоком. Вероятность $P_к$, проявления опасного производственного фактора с частотой к в период $t$ определяется по формуле [37–39]

$$P_k = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \tag{5}$$

где $\lambda$ – математическое ожидание относительного числа несчастных случаев на 1 млн т добычи при отработке месторождения (шахтного поля) по исследуемой технологической системе шахты.

В зависимости от принятого показателя эффективности системы обеспечения промышленной безопасности можно принимать математическое ожидание общего и смертельного травматизма за период $t$, математическое ожидание коэффициентов частоты травмирования относительно численности персонала, частоты травматизма на 1 млн добычи и др.

Вероятность $P_0$ того, что за выбранный период не произойдет ни одного случая травматизма, то есть при $k = 0$ имеет вид

$$P_0 = e^{-\lambda}. \tag{6}$$

Критерий (6) предлагается принять за количественную меру эффективности технологической системы шахты по фактору безопасности и при наличии статистических данных, можно оценить безопасность технологических систем шахт (ТСШ). Из сравнения вариантов ТСШ предпочтение отдается ТСШ, у которой критерий безопасности $P_0$ максимальный.

Для сравнительной оценки качества ТСШ предлагается использовать эффективность эталонной ТСШ. В идеальных условиях, при $\lambda \to 0$ согласно (6), эффективность ТСШ $P_0 \to 1$. Однако, такие идеальные условия, с учетом форс-мажорных ситуаций, индивидуальных особенностей человека и других причин, на практике не могут быть достигнуты, поэтому предлагается в работе использовать для оценки эффективности ТСШ по условиям промышленной, пожарной и экологической безопасности, следующие критерии:

1) вероятность $P_0$, за выбранный период не произойдет ни одного случая травмирования, которая опеределяется по формуле (6);

2) отношение $J_б$ вероятностей, за выбранный период на проектируемой и базовой шахте не произойдет ни одного случая травматизма

$$J_б = \frac{P_{oi}}{P_{об}} = \frac{e^{-\lambda i}}{e^{-\lambda б}} = e^{\lambda_б - \lambda_i}, \tag{7}$$

где $P_{0i}$ – вероятность, что на проектируемой шахте за выбранный период не произойдет ни одного случая травматизма; $P_{об}$ – вероятность, что на базовой шахте за выбранный период не произойдет ни одного случая травматизма; $\lambda_i$ – математическое ожидание относительного количества случаев травматизма на

***Эффективность ТСШ по условиям промышленной, пожарной и экологической безопасности***

| Предприятия | Эффективность ТСШ по | |
|---|---|---|
| | **вероятности $P_0$ отсутствия случаев смертельного травмирования, формула (6)** | **отношению $\mu_{ПБ}$ вероятностей отсутствия случаев смертельного травмирования на проектируемой и базовой шахтах, формула (7)** |
| Шахты США, 1998 г., $\lambda$ = 0,005 случаев на 1 млн т добычи | 0,995 | – |
| Шахты России, 1998 г., $\lambda$ = 0,580 случаев на 1 млн т добычи | 0,560 | – |
| Шахты России, 2002–2005 гг. $\lambda$ = 0,922 случаев на 1 млн т добычи | 0,398 | – |
| Шахты ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» 2002–2005 г., $\lambda$ = 37 случаев на 1 млн т добычи | 0,254 | – |
| Шахты США (базовые) и шахты России, 1998 г. | – | 0,563 |
| Шахты России (базовые) и шахты ОАО «ОУК «Южкузбассуголь», 2002–2005 гг. | – | 1,567 |

1 млн т добычи за выбранный период на проектируемой шахте; $\lambda_б$ – математическое ожидание относительного количества случаев травматизма на 1 млн т добычи за выбранный период на базовой шахте.

Результаты расчета количества ТСШ по условиям промышленной и пожарной безопасности по предлагаемым критериям приведены в таблице.

Анализ данных таблицы показывает, что оба критерия оценки эффективности ТСШ удовлетворительно отражают реальную ситуацию по условиям обеспечения промышленной безопасности и позволяют с учетом уровня производственного травматизма оценивать эффективность ТСШ и ее отдельных подсистем.

В частности, отношение вероятностей, что за выбранный период не произойдет ни одного случая травмирования на проектируемой и базовой шахтах, можно определить из выражения

$$J_б = \frac{e^{-(\lambda_{1i}+\lambda_{2i}+\lambda_{3i}\ldots\lambda_{ni}}}{e^{-(\lambda_{1э}+\lambda_{2э}+\lambda_{3э}\ldots\lambda_{nэ})}}, \qquad (8)$$

где $\lambda_{1i}$, $\lambda_{2i}$, $\lambda_{3i}$,…$\lambda_{ni}$ – математические ожидания относительного числа случаев опасности на 1 млн т добычи при выполнении операций *n*-ой подсистемы *i*-ой технологической системы шахты; $\lambda_{1э}$, $\lambda_{2э}$, $\lambda_{3э}$,…$\lambda_{nэ}$ – математические ожидания относительного числа случаев опасности на 1 млн т добычи при выполнении операций *n*-ой подсистемы базовой (эталонной) ТСШ.

## *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. *Мельников Н.В.* Научные основы оптимизации использования полезных ископаемых и охраны недр / СФТГП АН СССР. – 1977. – С. 37–38.

2. *Агошков М.И., Рыжов В.П.* Состояние и пути решения проблемы рационального использования и охраны недр / Горная наука и рациональное использование минерально-сырьевых ресурсов. – М.: Наука, 1978. – С. 179–184.

3. *Певзнер М.Е.* Рациональное использование минеральных ресурсов в современном недропользовании // Горный журнал. – 2002. – № 1. – С. 12–17.
4. *Коробченко Ю.В.* Управление запасами при разработке месторождения // Уголь. – 1983. – № 7. – С. 49–51.
5. *Лобес Ю.Р., Коршунов Г.И., Приходько Ю.Н.* Особенности расчета промышленных запасов при завершении отработки шахтных полей // Уголь – 1996. – № 7. – С. 49–51.
6. Шаклеин С.В., Рогова Т.Б. Адаптивный метод прогнозирования углепродукции // Вестник КузГТУ. – 1998. – № 3. – С. 34–37.
7. *Агабалян Ю.А.* Теория и практика оптимального освоения недр. – М.: Недра, 1994. – 174 с.
8. *Капустин Н.Г., Квон С.С.* Основы проектирования шахт. – М.: Недра, 1968. – 230 с.
9. *Вылегжанин В.Н., Витковскнй Э.И., Потапов В.П.* Адаптивное управление подземной технологией добычи угля. – Новосибирск: Наука, 1987. – 232 с.
10. *Инструкция* по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам. – Л.: ВНИМИ, 1998. – 86 с.
11. *Сенкус В.В., Стефанюк Б.М., Конакова Н.И.* Промышленная и экологическая безопасность угольных шахт / Перспективы развития Прокопьевско-Киселевского угольного района как составная часть комплексного инновационного плана моногородов: Сборник трудов III Международной научно-практической конференции. – Прокопьевск, ГУ КузГТУ, 2011. – С. 473–475.
12. *Агошков М.И., Никаноров В.И., Панфилов Е.И. и др.* Технико-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр. – М.: Недра, 1974. – 312 с.
13. *Ревнивых Ю.А.* Об оценке геологических нарушений и трудности перехода их струговыми лавами // Уголь. – 1972. – № 7. – С. 13–17.
14. *Губенко А.Л., Гусева П.В., Грик А.Р.* Определение потерь угля в зопах влияния геологических нарушений / Маркшейдерское дело и геодезия. Совершенствование методов и средств производства маркшейдерско-геодезических работ. Сборник научных трудов. – Л.: ЛГИ, 1984. – С. 125–131.
15. *Григорьев В.Е.* Оценка дизъюнктивной нарушенности выемочных полей для обоснования целесообразности их отработки / Труды Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени НИИ Горной геомеханики и маркшейдерского дела. – Л.: ЛГИ, 1982. – С. 3–6.
16. *Методические* указания по оценке влияния разрывных нарушений на полноту выемки угля на сильно нарушенных месторождениях / Методика и техника шахтной геологии и геофизики. – Л.: ВНИМИ, 1982, С. 3–6.
17. *Гарбер И.С., Григорьев В.Е., Дупак Ю.Н. и др.* Разрывные нарушения угольных пластов. – Л.: Недра, 1979. – 190 с.
18. *Полтавец В.В., Коткин А.М.* Эффективно использовать продукты обогащения в народном хозяйстве // Уголь. – 1986. – № 2. – С. 7–20.
19. *Щадов М.И., Виницкий К.Е., Дебердеев П.Х.* Оценка роли качества в повышении эффективности энергетического использования углей открытого способа добычи // Уголь. – 1997. – № 1. – С. 57–59.
20. *Ковальчук А.Б., Пономарев В.П., Романов С.М.* Состояние рынка сбыта угля в России, ближние и дальние перспективы // Уголь. – 2002. – № 1. – С. 49–51.
21. *Ермолов В.А., Попова Г.Б., Мосейкин В.В.* Месторождения полезных ископаемых. – М.: Изд-во МГГУ, 2001. – 570 с.
22. *Огвоздин В.Ю.* Управление качеством: Основы теории и практики: Учебное пособие. – М.: Издательство Дело и сервис. – 2002. – 160 с.
23. *Ногих С.Р., Ясюченя С.В., Дурнин М.К.* Сырьевая база запасов коксующихся углей Кузбасса, динамика изменения сырьевой базы коксохимического производства и перспективы использования углей Кузбасса с учетом изменения технологии производства чугуна / Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс-2001: Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Кемерово: КузГТУ, 2001. – С. 221–223.
24. *Дегтярев В.П.* Состояние минерально-сырьевой базы Кузбасса и первоочередные задачи геологоразведочной отрасли // Вестник ТЭК Кузбасса. – 2001. – № 3. – С. 3–9.
25. *Астахов А.С., Краснянский Г.Л.* Экономика и менеджмент горного производства: Учеб. пособ. для вузов: В 2 кн. Кн.1. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2002. – 367 с.
26. *Герусов Э.В.* Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов. – М.: Закон и право. – ЮНИТН. – 1998. – 455 с.
27. *Макар С.В.* Основы экономики природопользования. – М.: Институт международного права и экономики им. А.С. Грибоедова, 1998. – 192 с.
28. *Бабокин И.А.* Технико-экономическая оценка потерь угля в недрах. – М.: Недра, 1964. – 96 с.
29. *Рогов Е.И., Грицко Г.И., Вылегжанин В.Н.* Математические модели адаптации процессов и подсистем угольной шахты. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1979. – 240 с.

30. *Братченко Б.Ф., Устинов М.И., Гапанович Л.П. и др.* Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей. – М.: Недра, 1985. – 494 с.
31. *Сдвижков А.Д.* О работе служб технического контроля на предприятиях объединения «Кемеровоуголь» // Уголь. – 1986. – № 1. – С. 34–35.
32. *Павлов Ю.С.* Опыт работы служб технического контроля в объединении «Донецкуголь» // Уголь. – 1986. – № 10. – С. 57–58.
33. *Гранин И.В., Сеинов П.П.* Основные направления реструктуризации открытой угледобычи // Уголь. – 1997. – № 2. – С. 22–24.
35. *Чигрин В.Д.* Обоснование и разработка принципов создания систем управления безопасностью в угольной отрасли в условиях рыночной экономики: Автореф. канд. дисс. – М.: МГГУ, 1999. – 20 с.
36. *Форсюк А.А.* Разработка системы обеспечения безопасности основных производственных процессов в угольных шахтах: Автореф, докт. дисс. – М.: МГГУ, 2000. – 35 с.
37. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.*, Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1980. – 976 с.
38. *Гурский Е.И.* Теория вероятностей с элементами математической статистики. – М.: Высшая школа, 1971. – 328 с.
39. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике (для научных работников и инженеров). – М.: Наука, 1973. – 832 с. ГИАБ

## *КОРОТКО ОБ АВТОРАХ*

*Ермаков Егор Анатольевич* – аспирант,
МГИ НИТУ «МИСиС», *e*-mail: ud@msmu.ru,
начальник договорного отдела ООО «Сибнииуглеобогащение»,
*Сенкус Валентин Витаутасович* – кандидат технических наук,
начальник горного отдела ООО «Проектгидроуголь-Н».

UDC 622. 06:62.192+622:338.91+622.8

**METHODOLOGY OF ESTIMATION OF EFFICIENCY OF FLOWSHEETS OF MINES ON A ECONOMIC CRITERION AND TERMS OF INDUSTRIAL SAFETY**

*Ermakov E.A.*, Graduate Student,
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia, *e*-mail: ud@msmu.ru,
Chief of Contractual Department of Ltd. «Sibniiugleobogashcheniya», Prokopevsk, Russia,
*Senkus V.V.*, Candidate of Technical Sciences, Chief of Mountain Department of Ltd. «Proekthidrocoal-N», Novokuznetsk, Russia.

*In the article the question of choice of variants of flowsheets of coal mines is examined on the basis of economic criterion and to the terms of industrial safety. Substantiation of technological and technical solutions to increase the efficiency of technological schemes of coal mines proposed for relative performance indicator. The results of calculation of the number of technological schemes of coal mines under the terms of industrial and fire safety on the proposed criteria.*

*Key words: methodology, estimation, efficiency, flowsheet, criterion, industrial safety.*

**REFERENCES**

1. Mel'nikov N.V. SFTGP AN SSSR (Sector of Physico-Technical Mining Problems, Institute of Physics of the Earth, USSR Academy of Sciences), 1977, pp. 37–38.
2. Agoshkov M.I., Ryzhov V.P. *Gornaya nauka i ratsional'noe ispol'zovanie mineral'no-syr'evykh resursov* (Mining science and sound use of minerals and raw materials), Moscow, Nauka, 1978, pp. 179–184.
3. Pevzner M.E. *Gornyi zhurnal*. 2002, no 1, pp. 12–17.
4. Korobchenko Yu.V. *Ugol'*. 1983, no 7, pp. 49–51.
5. Lobes Yu.R., Korshunov G.I., Prikhod'ko Yu.N. *Ugol'*. 1996, no 7, pp. 49–51.
6. Shaklein S.V., Rogova T.B. *Vestnik KuzGTU*. 1998, no 3, pp. 34–37.
7. Agabalyan Yu.A. *Teoriya i praktika optimal'nogo osvoeniya nedr* (Theory and practice of optimized development of the Earth's interior), Moscow, Nedra, 1994, 174 p.
8. Kapustin H.G., Kvon S.S. *Osnovy proektirovaniya shakht* (Basis of mine design), Moscow, Nedra, 1968, 230 p.

9. Vylegzhanin V.N., Vitkovskni E.I., Potapov V.P. *Adaptivnoe upravlenie podzemnoi tekhnologiei dobychi uglya* (Adaptive control of underground coal mining technology), Novosibirsk, Nauka, 1987, 232 p.
10. *Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na shakhtakh, razrabatyvayushchikh plasty, sklonnye k gornym udaram* (Guidelines on safe mining of rockburst-hazardous beds), Leningrad, VNIMI, 1998, 86 p.
11. Senkus V.V., Stefanyuk B.M., Konakova N.I. *Perspektivy razvitiya Prokop'evsko-Kiselevskogo ugol'nogo raiona kak sostavnaya chast' kompleksnogo innovatsionnogo plana monogorodov: Sbornik trudov III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* (Development prospects for the Prokopievsk–Kiselevsk coal district as a part of the integrated innovative plan for monotowns: Proceedings of III International Conference), Prokop'evsk, GU KuzGTU, 2011, pp. 473–475.
12. Agoshkov M.I., Nikanorov V.I., Panfilov E.I. *Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka izvlecheniya poleznykh iskopaemykh iz nedr* (Technical-and-economic assessment of mineral extraction), Moscow, Nedra, 1974, 312 p.
13. Revnivykh Yu.A. *Ugol'*. 1972, no 7, pp. 13–17.
14. Gubenko A.L., Guseva P.V., Grik A.R. *Marksheiderskoe delo i geodeziya. Sovershenstvovanie metodov i sredstv proizvodstva marksheidersko-geodezicheskikh rabot. Sbornik nauchnykh trudov* (Surveying and geodesy. Improvement of methods and means of mine surveying and geodetic engineering. Collection of scientific papers), Leningrad, LGI, 1984, pp. 125–131.
15. Grigor'ev V.E. *Trudy Vsesoyuznogo ordena Trudovogo Krasnogo Znameni NII Gornoi geomekhaniki i marksheiderskogo dela* (VNIMI Proceedings ), Leningrad, LGI, 1982, pp. 3–6.
16. *Metodika i tekhnika shakhtnoi geologii i geofiziki* (Mine geology and geophysics procedure and technique ), Leningrad, VNIMI, 1982, pp. 3–6.
17. Garber I.S., Grigor'ev V.E., Dupak Yu.N. *Razryvnye narusheniya ugol'nykh plastov* (Faults in coal beds), Leningrad, Nedra, 1979, 190 p.
18. Poltavets V.V., Kotkin A.M. *Ugol'*. 1986, no 2, pp. 7–20.
19. Shchadov M.I., Vinitskii K.E., Deberdeev P.Kh. *Ugol'*. 1997, no 1, pp. 57–59.
20. Koval'chuk A.B., Ponomarev V.P., Romanov S.M. *Ugol'*. 2002, no 1, pp. 49–51.
21. Ermolov V.A., Popova G.B., Moseikin V.V. *Mestorozhdeniya poleznykh iskopaemykh* (Mineral deposits), Moscow, Izd-vo MGGU, 2001, 570 p.
22. Ogvozdin V.Yu. *Upravlenie kachestvom: Osnovy teorii i praktiki: Uchebnoe posobie* (Quality control: Theoretic and practical framework: Educational aid), Moscow, Izdatel'stvo Delo i servis. 2002, 160 p.
23. Nogikh S.R., Yasyuchenya S.V., Durnin M.K. Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri. Sibresurs-2001: Materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Mineral wealth and brainpower of Siberia. Sibresourse–2001: Proceedings of IV International Conference), Kemerovo, KuzGTU, 2001, pp. 221–223.
24. Degtyarev V.P. *Vestnik TEK Kuzbassa*. 2001, no 3, pp. 3–9.
25. Astakhov A.S., Krasnyanskii G.L. *Ekonomika i menedzhment gornogo proizvodstva: Ucheb. posob.* dlya vuzov: kn. 1 (Economy and management of mining: Higher educational aid, book 1), Moscow, Izd-vo Akademii gornykh nauk, 2002, 367 p.
26. Gerusov E.V. *Ekologiya i ekonomika prirodopol'zovaniya: Uchebnik dlya vuzov* (Ecology and economy of nature management: Textbook for high schools), Moscow, Zakon i pravo. YuNITN. 1998, 455 p.
27. Makar S.V. *Osnovy ekonomiki prirodopol'zovaniya* (Fundamentals of nature management economy), Moscow, Institut mezhdunarodnogo prava i ekonomiki im. A.S. Griboedova, 1998, 192 p.
28. Babokin I.A. *Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka poter' uglya v nedrakh* (Technical-and-economic assessment of coal loss in mines), Moscow, Nedra, 1964, 96 p.
29. Rogov E.I., Gritsko G.I., Vylegzhanin V.N. *Matematicheskie modeli adaptatsii protsessov i podsistem ugol'noi shakhty* (Mathematical models of adaptation of processes and subsystems in coal mines), Alma-Ata, Nauka KazSSR, 1979, 240 p.
30. Bratchenko B.F., Ustinov M.I., Gapanovich L.P. *Sposoby vskrytiya, podgotovki i sistemy razrabotki shakhtnykh polei* (Methods of exposure, preparation and mining of coal fields), Moscow, Nedra, 1985, 494 p.
31. Sdvizhkov A.D. *Ugol'*. 1986, no 1, pp. 34–35.
32. Pavlov Yu.S. *Ugol'*. 1986, no 10, pp. 57–58.
33. Granin I.V., Seinov P.P. *Ugol'*. 1997, no 2, pp. 22–24.
35. Chigrin V.D. *Obosnovanie i razrabotka printsipov sozdaniya sistem upravleniya bezopasnost'yu v ugol'noi otrasli v usloviyakh rynochnoi ekonomiki* (Substantiation and development of principles for safety control in coal mining industry under conditions of free market economy), Candidate's thesis, Moscow, MGGU, 1999, 20 p.
36. Forsyuk A.A. *Razrabotka sistemy obespecheniya bezopasnosti osnovnykh proizvodstvennykh protsessov v ugol'nykh shakhtakh* (Development of safety system for basic flow processes in coal mines), Doctor's thesis, Moscow, MGGU, 2000, 35 p.
37. Bronshtein I.N., Semendyaev K.A. *Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashchikhsya vtuzov* (Handbook on mathematics for engineers and technical university students), Moscow, Nauka, 1980, 976 p.
38. Gurskii E.I. *Teoriya veroyatnostei s elementami matematicheskoi statistiki* (Probability theory with elements of mathematical statistics), Moscow, Vysshaya shkola, 1971, 328 p.
39. Korn G., Korn T. *Spravochnik po matematike (dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov)* (Handbook on mathematics (for researchers and engineers)), Moscow, Nauka, 1973, 832 p.