

УДК 658.012.23: 622.014.2

А.В. Мерзликин

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ПРОГНОЗА ПРОЕКТНЫХ РИСКОВ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ

Цель. Разработка нового метода прогнозирования рисков потери ритмичности и управляемости очистного забоя

Методика исследований. Рассмотрена работа очистного забоя как динамической системы со смешанным характером входных факторов, часть из которых имеет непрерывную природу, а часть дискретную. Выявлено, что функции, характеризующие зависимость между входными и выходными параметрами, являются нелинейными и в большей степени не непрерывными, что позволяет рассматривать очистной забой как сложную экстремальную систему с плавающей статистической характеристикой.

Результаты исследований. Разработан метод прогноза стабильной работы очистного забоя как предельной нелинейной динамической системы основанный на модификации энтропийного потенциала угледобычи. Методика дает возможность с заданной надежностью или уровнем риска оценить устойчивость работы очистного забоя как сложной динамической системы и обеспечить на основе этого надежное управление угольным очистным забоем.

Научная новизна. Методы прогнозирования рисков подземной угледобычи с учетом дрейфа статических характеристик динамической системы основываются на учете естественной вариации выброса газа, которая может изменяться в результате изменения геологических условий добычи или в результате его более эффективной дегазации.

Практическое значение. Выполненные исследования позволили усовершенствовать методику прогноза устойчивой работы очистного забоя, рассматриваемый как экстремальная нелинейная динамическая система, на основе модификации энтропийного показателя добычи угля. Рациональное управление проектом подземной угледобычи реализуется благодаря учету уровня риска, своевременного принятия управляющих мероприятий и минимизации затрат на возвращение очистного забоя в состояние устойчивой работы за счет уменьшения вероятности принятия ошибочной гипотезы об опасном состоянии режима работы очистного забоя.

Ключевые слова: риски; вариация добычи; устойчивая работа; стохастическое моделирование.

Введение.

Добыча угля является наиболее надежным источником энергетической независимости Украины. Поэтому на ближайшие десятилетия развитие угольной промышленности нашего государства остается стратегически важной задачей. Существенным резервом, позволяющим значительно повысить рентабельность отрасли в условиях посткризисной конкурентной экономики является проектный стиль управления, широкое внедрение которого позволит повысить качество проектов угледобычи и обеспечить ее рентабельность. Последние исследования показывают, что проектные риски подземной угледобычи являются серьезной проблемой, которая сдерживает применение современных методов управления в отрасли [1].

Подземная угледобыча отличается существенной спецификой, которая значительно повышает уровень проектных рисков. Это связано с высоким уровнем неопределенности геологических условий отработки подземных запасов угля, стесненностью подземного рабочего пространства, низкой мобильностью

техники и оборудования и целым спектром опасностей в виде аварий, взрывов, пожаров, внезапных выбросов угля, газа и породы. В связи с этим возникает задача современного прогноза проектных рисков подземной угледобычи. Решение такой задачи дает возможность обеспечить ритмичную и устойчивую работу очистных забоев, что гарантирует рентабельность угледобывающих предприятий [2-4].

Анализ последних исследований и публикаций.

В настоящее время наибольшее количество исследований посвящено изучению экономических рисков угледобычи [4]. Показано, что риски являются одним из главных препятствий для инвестирования в угольную промышленность [5], причем недостоверность экономической информации является главной причиной экономических рисков [6].

Последнее время риски рассматриваются как неотъемлемая компонента проектов угледобычи, которой необходимо управлять [7-9]. Очевидно, что эффективность управления проектными

рисками напрямую зависит от оперативности и своевременности выявления рисков. Экономические методы выявления проектных рисков достаточно инерционны и позволяют выявить риски с большой задержкой только после получения и анализа информации о финансовом состоянии процесса угледобычи. В связи с этим более надежные методы прогнозирования и своевременного выявления проектных рисков должны базироваться на мониторинге текущих производственных процессов угледобычи [10]. Решение такой задачи рассматривается в данной статье.

Цель исследований.

Целью работы является разработка нового метода прогнозирования рисков потери ритмичности и управляемости очистного забоя.

Изложение основного материала.

Длинный очистной забой является основным инструментом подземной угледобычи. По сути, очистной забой является динамической системой, к которой применимы законы автоматического управления [10-12]. Согласно классификации [10] для управления работой очистного забоя используют интегрированную систему автоматического управления (ИАСУ), которая учитывает процессы управления по разомкнутому циклу, в котором принимает участие оператор, а также замкнутому циклу с использованием отрицательной обратной связи, которая реализуется за счет применения современных систем автоматического управления отдельными механизмами (например забойным конвейером) и технологическими линиями (например механизированным комплексом).

С учетом вышеупомянутой специфики подземной угледобычи оперативность системы управления имеет чрезвычайно большое значение. Так задержка работы современного очистного забоя на 10-20 минут приводит к потере прибыли, которая исчисляется десятками тысяч гривен при благоприятных горно-геологических условиях отработки угольного пласта. Задержка крепления неустойчивой непосредственной кровли угольного пласта на несколько минут может

привести к обрушению кровли и остановке очистного забоя на несколько часов, а то и смен. В этом случае потеря прибыли будет исчисляться уже сотнями тысяч гривен.

Проблема управления работой очистного забоя как динамической системы осложняется смешанным характером входных факторов, часть из которых имеет непрерывную природу, а часть дискретную. При этом функции, описывающие зависимости между входными и выходными величинами являются нелинейными и часто не являются непрерывными. Это существенно усложняет процесс управления работой очистного забоя, который представляет собой, по сути, экстремальную систему с плавающей статической характеристикой.

Так оптимальная нагрузка на лаву (длинный очистной забой) вычисляется исходя из учета возможностей угольного комбайна, забойного конвейера, механизированного комплекса и интенсивности газовыделения из пласта и вмещающих пород. Как правило окончательная оптимальная нагрузка ограничивается фактором газовыделения, а статическая характеристика лавы является плавающей: при уменьшении газовыделения оптимальная нагрузка возрастает и наоборот. При добыче меньшей оптимального уровня падает рентабельность угледобычи, а при превышении оптимального уровня добычи возникает опасность взрыва метана.

Еще раз следует оговориться о специфике подземной угледобычи, которая сильно затрудняет полную автоматизацию получения, сбора и обработки исходной информации о состоянии динамической системы очистного забоя и текущего значения входных факторов, а также уровня помех. Если мониторинг добычного оборудования и техники в настоящее время автоматизирован в той или иной мере, то достоверная оперативная оценка состояния кровли обрабатываемого пласта, текущей интенсивности газовыделения, фактической ширины заходки, устойчивости сопряжения лавы с выемочными выработками пока практически невозможна. Вместе с тем последние факторы являются не менее важными, чем состояние техники с точки зрения обеспечения устойчивой работы лавы. Как правило в скрытом виде указанная

информация отражается на сменной и суточной добыче, которая определяется с высокой достоверностью. Другими словами, наиболее оперативная достоверная информация о состоянии очистного забоя может быть собрана в течение суток в интегральном виде суточной добычи. Для сравнения следует отметить, что минимальный лаг, с которым накапливается оперативная информация о финансовом состоянии угольной шахты составляет месяц.

Таким образом прогноз рисков остановки лавы или потери устойчивости работы очистного забоя можно построить на основе анализа динамики суточной добычи, которая представляет собой временной ряд, в котором присутствуют не только полезные сигналы, но и помехи. В течение последних лет разработаны эмпирические методы для анализа динамических систем, выходным сигналом которых является временной ряд сложных автоколебательных процессов, на которые наложены помехи [13-14].

Исследованиями [15] установлено, что добыча очистного забоя в устойчивом режиме работы описывается случайной стационарной функцией времени с нормальным распределением выходных величин. Доказано, что устойчивость работы очистного забоя можно прогнозировать на основании анализа динамики изменения вариации добычи, для чего используется коэффициент вариации или текущее значение среднеквадратического отклонения добычи (СКО) [16]. При этом показано, что непрерывный рост СКО в течение 5-6 суток с высокой степенью достоверности свидетельствует о предстоящей потере устойчивости работы очистного забоя. Обоснован также оптимальный отрезок времени и ширина скользящего окна, в пределах которого следует определять СКО.

Аналогичный подход в управлении динамическими нелинейными экстремальными системами на основе применения СКО описан в публикации [14] и патенте [15]. В монографии [14] впервые предложено использовать энтропийный показатель $H(y)$ динамической системы, который вычисляется по известной формуле Шеннона

$$H(y) = - \int_{-\infty}^{\infty} p(y) \ln p(y) dy \quad (1)$$

где $p(y)$ - плотность распределения или дифференциальный закон распределения выходного сигнала.

Последний источник [15] содержит весьма перспективный метод определения управляющего сигнала, который основан на учете структуры энтропийного показателя динамической системы.

$$\Delta \varepsilon = \sigma \cdot K_s \quad (2)$$

где σ - величина среднеквадратического отклонения выходной величины;

K_s - энтропийный коэффициент закона распределения указанной величины.

Величина энтропийного коэффициента зависит от вида закона распределения, причем максимальное значение $K_s=2,066$ соответствует нормальному закону распределения. Авторы также пытаются уменьшить объем исходной информации, необходимой для определения величины энтропийного потенциала, что позволяет оперативно контролировать состояние системы в динамическом режиме. В итоге представляется возможным комплексно оценить не только разброс параметра в виде величины σ , но и его характер, определяемый законом распределения, в виде величины K_s . Оптимизация управления в соответствии с предложенным способом состоит в целенаправленном изменении величины энтропийного потенциала системы. Реализация такой задачи возможна за счет изменения статических и динамических свойств системы, например изменения настроечных параметров регулятора, введения в состав системы специальных корректирующих звеньев, модернизации отдельных элементов системы с целью изменения динамических характеристик, например постоянных времени, т.е. за счет изменения передаточной функции системы. В результате чего изменятся условия прохождения случайных воздействий через систему, что в конечном счете приведет к изменению закона распределения управляемого параметра. Таким образом, с использованием предложенного способа повышается полнота контроля за состоянием системы и эффективность управления ею за счет учета и изменения

закона распределения выходного параметра по величине энтропийного коэффициента.

С учетом специфики подземной угледобычи автором данной статьи предложена модификация описанного метода на основе учета дрейфа статических характеристик динамической системы из-за природной вариации газовыделения, которое может изменяться в результате вариации горно-геологических условий отработки угольного пласта или в результате применения более эффективной его дегазации. Кроме того, было установлено, что распределение задержек в работе очистного забоя хорошо согласуется с экспоненциальным законом, а случайные переходы от рабочего состояния в состояние остановки можно в первом приближении описать марковскими цепями. Это значит, что наибольшее влияние на текущее состояние очистного забоя оказывает состояние на предыдущем этапе его мониторинга, например в течение предыдущих суток. В связи с этим предложено вычислять вариацию добычи с учетом весовых коэффициентов, которые быстро уменьшаются по мере удаления выходных величин в прошлое.

При определении устойчивости работы очистного забоя нами также предложено учесть уровень риска. Если критический интервал времени, в течение которого сохраняется опасная тенденция потери устойчивости работы очистного забоя принять равным 6 суток, тогда риск ошибки второго рода приближается к десятым долям процента [13]. Вместе с тем в течение такого времени затраты энергии, труда, времени и денежных средств на выведение динамической системы очистного забоя из неустойчивого состояния будут весьма велики. Наоборот, при очень коротком интервале времени для принятия гипотезы о вероятной потере устойчивости работы лавы вероятность ошибки первого рода повышается и могут быть неоправданно расходованы средства на ликвидацию опасного состояния очистного забоя, которого фактически не было. В связи с этим решение о степени риска следует отдать операторам, которые управляют работой очистного забоя и учитывают все компоненты риска в местных условиях.

В итоге процедура анализа устойчивости работы очистного забоя выглядит следующим образом.

В скользящем окне шириной 16 суток определяют временной ряд добычи, по которому с учетом весовых коэффициентов определяют ее СКО. Весовые коэффициенты определяют по зависимости:

$$\omega = 0,551 \cdot \exp^{-0,16x} \quad (3)$$

где x – означает номер суток. При этом текущие сутки имеют номер 1, вчерашние – номер 2 и т.д.

Затем определяют производную СКО суточной угледобычи и измеряют текущее приращение газовыделения на выемочном участке по данным службы вентиляции. Затем вычисляют энтропийный потенциал угледобычи по зависимости:

$$E = \frac{P_{\partial}}{D_{cp}} + k \cdot \frac{\Delta\Gamma}{\Gamma_m} \quad (4)$$

где P_{∂} – производная СКО угледобычи, т/сутк²,

D_{cp} – средневзвешенная угледобыча в границах скользящего окна, т/сутк;

$\Delta\Gamma$ – приращение газовыделения, м³/сутк²;

Γ_m – текущее газовыделение, м³/сутк;

k – безразмерный эмпирический коэффициент.

После этого задают уровень рисков и определяют длительность критического периода согласно зависимости:

$$T = 3 - 0,5 \cdot \ln\left(\frac{100}{R} - 1\right) \quad (5)$$

где T – критический период, сутк,

R – уровень риска, %.

Состояние «опасно» фиксируют в случае, когда энтропийный потенциал угледобычи имеет положительный знак на протяжении T суток подряд. При этом длительность критического периода определяют методом последовательного анализа [16].

Пример реализации нового метода.

Пример реализации разработанного метода прогноза устойчивости работы очистного забоя приведен для следующих условий. Глубина разработки составляет 800м. Мощность угольного пласта 1,5м. Длина лавы составляет 250м. Управление кровлей осуществляется путем полного ее обрушения с помощью механизированного

комплекса КД90. Уровень риска задали равным 90%. Темпы продвижения лавы изменялись в пределах 50-200 м/мес. Динамика добычи показана на графике (а) рис.1. На фрагменте (б) рис. 1 приведено распределение СКО добычи, на рис. 1, (в) показана динамика газовыделения, а на фрагменте (г) изменение энтропийного потенциала угледобычи.

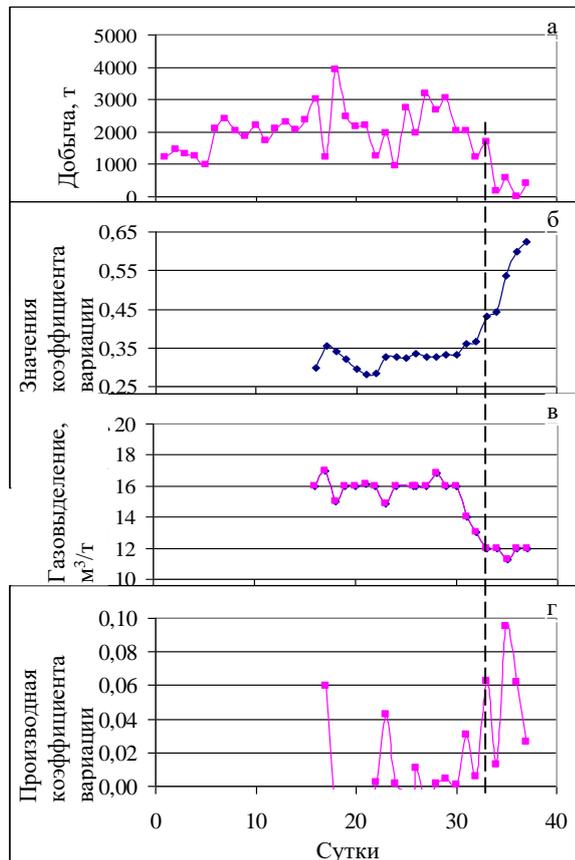


Рис. 1. Соотношение параметров

При уровне риска 10% длительность критического интервала времени составляет 2,9 суток. Видно, что начиная с 30 суток наблюдений за работой лавы положительный знак энтропийного потенциала сохраняется в течение трех суток, что с вероятностью 90% означает, что устойчивость работы очистного забоя может быть потеряна. В связи с этим необходимо применить мероприятия по стабилизации устойчивости работы лавы. Характерно, что в этот момент добыча составляла 1900 тонн/сутк, что примерно соответствует среднему уровню добычи. Это значит, что своевременные меры по стабилизации работы очистного забоя будут приняты вовремя, а затраты на их реализацию будут минимальны.

Если бы эти меры не были приняты, добыча в течение последующих суток упала бы практически до нуля, а лава потеряла устойчивость. Таким образом разработанная методика дает возможность с заданной надежностью или уровнем риска оценить устойчивость работы очистного забоя как сложной динамической системы и обеспечить на основе этого надежное управление указанным объектом.

Учет дрейфа статической характеристики очистного забоя позволяет существенно сократить ошибки первого рода в виде ложного сигнала о наступлении неустойчивого режима работы лавы. При снижении интенсивности газовыделения согласно формуле (2) величина энтропийного потенциала очистного забоя падает, поскольку приращение скорости газовыделения имеет отрицательный знак. Наоборот, рост интенсивности газовыделения увеличивает энтропию динамической системы, что выводит режим ее работы из оптимума, причем в более опасную сторону, поскольку увеличивается опасность взрыва газозвушной смеси. Это позволяет отфильтровать случайные колебания входных параметров, которые влияют на СКО добычи в позитивную сторону.

Выводы.

Выполненные исследования позволили усовершенствовать методику прогноза устойчивости работы очистного забоя как экстремальной нелинейной динамической системы на основе модификации энтропийного показателя угледобычи. При этом учтен дрейф статической характеристики динамической системы очистного забоя в зависимости от интенсивности газовыделения из пласта и вмещающих пород.

Учет уровня риска позволяет рационально управлять проектом подземной угледобычи за счет своевременного принятия управляющих мероприятий и минимизации затрат на выведение очистного забоя в состояние устойчивой работы за счет снижения вероятности принятия ложной гипотезы об опасном состоянии режима работы лавы.

Проверка методики на конкретном примере свидетельствует о ее надежности и эффективности.

Список литературы:

1. Маевский В.С., Захарова Л.Н., Мерзликин А.В. Стохастическое моделирование рисков невыполнения программы развития горных работ на угольной шахте. *Наукові праці ДонНТУ. Серія Проблеми моделювання і автоматизації проектування*. Донецьк. ДонНТУ. вип. 10(197). 2011. С. 101-110.
2. Федоров В.Н. Обеспечение ритмичной работы очистных забоев – главное условие роста эффективности. *Уголь*. №1. 2009. С.70-73.
3. Федоров В.Н. К вопросу технического регулирования производственных процессов современной шахты. *Уголь*. 2010. №2. С. 49-51.
4. Петросов А.А. Экономические риски горного производства. М. МГУ. 2002. 156 с.
5. Кочура И.В. Выявление и классификация рискованных ситуаций при инвестировании средств в угольные предприятия. *Економіка: проблеми теорії і практики*. Дніпропетровськ: ДНУ. 2002. Вип. 165. С.69-75.
6. Бифов Р.Ж. Обоснование параметров издержек производства угольной компании в условиях недостоверной экономической информации.- М.: МГУ. 2003. 198с.
7. Мангуш К.С. Экономическая оценка риска инвестиционного проекта строительства угледобывающего предприятия. М.: МГУ. 2007. 167 с.
8. Захарова Л.Н. Оценка риска невыполнения годовой программы развития горных работ с помощью стохастического моделирования. *Форум гірників*. Дніпропетровськ. НГУ. 2010. Том 3. С.217-225.
9. Захарова Л.Н. Анализ рисков невыполнения программы горных работ. *Доповіді науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених*. Дніпропетровськ. НГУ, 2011. С. 68-75.
10. Smirnov D.A. Detection of weak directional coupling. *Phys. Rev. E*. 2005. Vol. 71. P. 72-87.
11. Bezruchko V.P. Reconstruction of time-delayed feedback systems from time series. *Physica D*. 2005. Vol 203. P. 209-223.
12. Ильяшов М.А. Исследование вариации темпов добычи угля из длинных очистных забоев. *Вісті Донецького гірничого університету*. Донецьк. ДонНТУ. Вип. 1. 2010. С.193-200.
13. Ильяшов М.А., Назимко В.В., Мерзликин А.В. Оценка устойчивости работы очистных забоев по параметрам распределения добычи. *Материалы международной научно-практической конференции*. Днепропетровск НГУ. 2011. С. 52–63.
14. Туричин А. М. Электрические измерения неэлектрических величин. Л.: Энергия. 1975. 576 с.
15. Лазарев В.Л. Способ контроля и управления динамической системой. Патент России №2296356. МПК 2006.01. G05B13/00. 27.03.2007.
16. Булинский А.В., Ширяев А.Н. Теория случайных процессов. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2013. 408 с.

References

1. Mayevsky V.S., Zakharova L.N., Merzlikin A.V. (2011) Stochastic modeling of the risks of non-compliance with the mine development program at a coal mine. [Stoxasty`cheskoe modely`rovany`e ry`skov

- nevypolneny`ya programmy razvy`ty`ya gornyx rabot na ugol`noj shaxte] Scientific works. DonNTU. Seria Problems of Modeling and Automation Projects. Donetsk DonNTU. vol 10 (197). P. 101-110. (in Russian).
2. Fedorov V.N. (2009) Ensuring the rhythmic work of clearing faces - the main condition for the growth of efficiency. [Obespecheny`e ry`tmny`chnoj raboty ochy`stnyh zaboev – glavnoe uslovy`e rosta efekty`vnosty`] Coal. №1. 2009. С.70-73. (in Russian).
3. Fedorov V.N. (2010) On the issue of technical regulation of production processes of a modern mine. [K voprosu texny`cheskogo reguly`rovany`ya proy`zvodstvennyh processov sovremennoj shaxty] Coal. №2. P. 49-51. (in Russian).
4. Petrosov A.A. (2002) Economic risks of mining. [Ekonomicheskie riski gornogo proizvodstva] M. MGGU. 156 p. (in Russian).
5. Kochura I.V. (2002) Identification and classification of risk situations when investing in coal enterprises. [Vyiyavlenie i klassifikatsiya riskovyih situatsiy pri investirovanii sredstv v ugolnyie predpriyatiya] Economics: problem theory and practice. Dnipropetrovsk: DNU. Vol. 165. P.69-75. (in Russian).
6. Bifov R.ZH. (2003) Justification of the parameters of production costs of a coal company in the context of unreliable economic information. [Obosnovanie parametrov izderzhkek proizvodstva ugolnoy kompanii v usloviyah nedostovernoy ekonomicheskoy informatsii] M.: MGGU. 198с. (in Russian).
7. Mangush K.S. (2007) Economic risk assessment of an investment project for the construction of a coal mining enterprise. [Ekonomicheskaya otsenka riska investitsionnogo proekta stroitelstva ugledobyivayuschego predpriyatiya] M.: MSTU. 2007. 167 p. (in Russian).
8. Zakharova L.N. (2010) Risk assessment of default of the annual mining development program using stochastic modeling. [Otsenka riska nevyipolneniya godovoy programmy razvitiya gorniyh rabot s pomoschyu stohasticheskogo modelirovaniya] Forum girmikov. Dnipropetrovsk. NSU. Volume 3. P.217-225. (in Russian).
9. Zakharova L.N. (2011) Risk analysis of the failure of the program of mining. [Analiz riskov nevyipolneniya programmy gorniyh rabot] Dopovidi naukovo-practical conference of students, students and young people in the evening. Dnipropetrovsk. NSU, P. 68-75. (in Russian).
10. Smirnov D.A. Detection of weak directional coupling. *Phys. Rev. E*. 2005. Vol. 71. P. 72-87.
11. Bezruchko V.P. Reconstruction of time-delayed feedback systems from time series. *Physica D*. 2005. Vol 203. P. 209-223.
12. Ilyashov M.A. (2010) Investigation of variations in the rate of coal mining from longwalls. [Issledovanie variatsii tempov dobyichi uglya iz dlinnyih ochistnyih zaboev] View Donetsk Donets University. Donetsk DonNTU. Vol 1. P.193-200. (in Russian).
13. Ilyashov MA, Nazimko V.V., Merzlikin A.V. (2011) Evaluation of the stability of the work of mining faces by the parameters of the distribution of production. [Otsenka ustoychivosti raboty ochistnyih zaboev po parametram raspredeleniya dobyichi] Materials of the international scientific-practical conference. Dnipropetrovsk NSU. P. 52–63. (in Russian).
14. Turichin A.M. (1975) Electric measurements of non-electric quantities. [Elektricheskie izmereniya neelektricheskikh velichin] L.: Energy. 576 p. (in Russian).

15. Lazarev V.L. (2007) The method of control and management of a dynamic system. [Sposob kontrolya i upravleniya dinamicheskoy sistemoy] The patent of Russia №2296356. IPC 2006.01. G05B13 / 00. March 27, (in Russian).

16. Bulinsky A.V., Shiryaev A.N. (2013) Theory of random processes. [Teoriya sluchaynykh protsessov] M.: FIZMATLIT. 408 p. (in Russian).

Надійшла до редакції
Рецензент

Мерзликін Артем Владимирович – кандидат технічних, доцент, доцент кафедри «Розробка месторождений полезных ископаемых» Государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет» (пл. Шибанкова, 2, г. Покровск, 85300, Україна)
Email: artem.merzlikin@donntu.edu.ua.

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУ ПРОЕКТНИХ РИЗИКІВ ПІДЗЕМНОГО ВУГЛЕВИДОБУТКУ

Мета. Розробка нового методу прогнозування ризиків втрати ритмічності і керуваності очисного вибою

Методика досліджень. Розглянуто роботу очисного вибою як динамічної системи зі змішаним характером вхідних факторів, частина з яких має безперервну природу, а частина дискретну. Виявлено, що функції, які характеризують залежність між вхідними і вихідними параметрами, є нелінійними і в більшій мірі не безперервними, що дозволяє розглядати очисний вибій як складну екстремальну систему з плаваючою статистичною характеристикою.

Результати досліджень. Розроблено метод прогнозу стабільної роботи очисного вибою як граничної нелінійної динамічної системи заснований на модифікації ентропійного потенціалу вуглеводобутку. Методика дає можливість із заданою надійністю або рівнем ризику оцінити стійкість роботи очисного вибою як складну динамічну систему і забезпечити на основі цього надійне управління вугільним очисним вибоєм.

Наукова новизна. Методи прогнозування ризиків підземного видобутку вугілля з урахуванням дрейфу статичних характеристик динамічної системи ґрунтуються на обліку природної варіації викиду газу, яка може змінюватися в результаті зміни геологічних умов вуглеводобутку або в результаті його більш ефективної дегазації.

Практичне значення. Виконані дослідження дозволили удосконалити методіку прогнозу стійкої роботи очисного вибою, що розглядається як екстремальна нелінійна динамічна система, на основі модифікації ентропійного показника видобутку вугілля. Раціональне управління проектом підземного вуглеводобутку реалізується завдяки обліку рівня ризику, своєчасного застосування керуючих заходів та мінімізації витрат на повернення очисного вибою в стан стійкої роботи через зменшення ймовірності прийняття помилкової гіпотези про небезпечний стан режиму роботи очисного вибою.

Ключові слова: ризики; варіація видобутку; стійка робота; стохастичне моделювання.

Мерзликін Артем Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Розробка родовищ корисних копалин» Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, 85300, Україна)
Email: artem.merzlikin@donntu.edu.ua.

JUSTIFICATION OF THE PROJECTION METHOD FOR THE PROJECTIVE RISKS OF COAL MINING

Purpose. Development of a new method for predicting the risks of loss of rhythm and control of a longwall

Methodology. The work of the longwall as a dynamic system with a mixed nature of the input factors, some of which have a continuous nature, and some discrete, is considered. It has been established that the functions describing the relationship between input and output factors are non-linear and often non-continuous, due to which longwall is an extreme system with a floating static characteristic.

Results. A method has been developed for predicting the stable work of a longwall as the ultimate nonlinear dynamic system based on the modification of the entropy potential of coal production. The technique makes it possible, with a given reliability or risk level, to assess the stability of the longwall as a complex dynamic system and, on the basis of this, ensure reliable management of the longwall.

Originality. Methods for predicting the risks of underground coal production, taking into account the drift of the static characteristics of a dynamic system, are based on taking into account the natural variation of gas emissions, which may change as a result of changes in geological conditions of production or as a result of its more efficient degassing.

Practical value. The research made it possible to improve the method for predicting the stability of the longwall as an extreme nonlinear dynamic system based on the modification of the entropy index of coal production. Taking into account the risk level makes it possible to rationally manage the underground coal mining project by taking timely control measures and minimizing the cost of bringing the longwall to a stable state by reducing the likelihood of accepting a false hypothesis about the dangerous state of the coal production.

Key words: risks; variation of extraction; stable work; stochastic modeling.

Merzlikin Artem – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Public higher education institution Donetsk National Technical University (2, Shybankova square, Pokrovsk, Donetsk region, 85300 Ukraine).
Email: artem.merzlikin@donntu.edu.ua.