

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТА УГЛЕДОБЫЧИ К ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ РИСКА

Доведена максимальна чутливість проекту вуглевидобутку до фактору малоамплітудної порушеності яка уповільнює швидкість просування очисного вибою, підвищує зношеність вибійного обладнання, небезпеку обвалення безпосередньої покрівлі, та ймовірність раптових газодинамічних явищ.

ASSESSMENT OF PROJECT SENSITIVITY TO GEOMECHANIC RISK FACTORS DUE TO LONGWALL MINING

Maximum sensitivity of coal extraction project to microfaults has been found because corrupted faulted zones reduce the rate of longwall advance, increase longwall equipment wear, roof falls and coal bursts.

Повышение рентабельности и безопасности угольной промышленности Украины является одной из основных задач. Однако с увеличением глубины разработки и усложнением экономических условий, в которых угольная промышленность должна обеспечивать энергетическую независимость нашего государства, возрастают риски производства [1]. Это связано с неопределенностью горно-геологических условий, снижением надежности техники под влиянием интенсивного горного давления, увеличением вероятности аварий, усилением нестабильности финансирования проектов в условиях посткризисной экономики и рядом других специфических факторов подземной угледобычи.

Известна математическая сетевая модель для количественной оценки эффективности проектов угледобычи. Она предназначена для стохастического моделирования [2]. Опыт применения данной модели подтвердил ее высокую эффективность [3]. Вместе с тем осталась не изученной задача установления чувствительности проекта угледобычи от входных факторов. Исследование чувствительности проекта является самостоятельной задачей, успешное решение которой обеспечивает возможность эффективного управления проектом. Выделение наиболее значимых факторов, к вариации которых проект проявляет максимальную чувствительность позволяет рационально распределять ресурсы и выбирать тактику управления проектом.

Общая схема анализа проекта на чувствительность к вариации исходных параметров модели состоит в следующем [4-6]. Для изучения чувствительности модели необходимо получить в количественном виде ее реакцию на вариацию определенного фактора при прочих исходных данных. Поставленная задача усложняется тем, что модель является стохастической и обеспечение прочих равных условий не является тривиальной задачей.

Опыт эксплуатации разработанной модели показал, что в качестве искомого параметра наиболее подходящим является время отклонения сроков реализации проекта от заданного в программе развития горных работ. Сроки окончания

проекта или программы определяются путем выявления длительности критических путей.

С одной стороны при реализации программы развития горных работ крупной современной угольной шахты вероятность самого длинного критического пути не превышает 50% и не намного отличается от вероятности ближайших критических путей. С другой стороны при реализации большой программы развития горных работ может возникать несколько десятков критических путей. Очевидно, что наиболее полным параметром модели будет тот, который учитывает все критические пути.

Одной из наиболее общих характеристик или функций состояния сложной системы является энтропия [7-10]. Любой проект является выраженным необратимым процессом, который при эффективном управлении приобретает признаки системы, склонной к самоорганизации. При этом в такой системе возникают структуры [11].

Имеющийся опыт термодинамического анализа проекта как объекта управления [12-14] открывает новые перспективные возможности обобщения закономерностей проектного управления. Проект или программа развития горных работ угольной шахты является открытой термодинамической системой, обменивающейся с окружающей средой веществом (потоками угля, метана, воды, воздуха) и энергией (в первую очередь энергией горного давления). Согласно постулатам и теоремам термодинамики необратимых процессов [9-10] в такой системе возникают термодинамические потоки и вызывающие их силы.

В общем виде производство энтропии зависит от указанных потоков и сил и описывается следующей формулой:

$$dS = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^N J_i X_i \quad (1)$$

Здесь dS обозначает производство энтропии, t – абсолютная температура, J_i – термодинамические силы, X_i – соответствующие им потоки.

Зависимость (1) хороша тем, что позволяет в наиболее общем виде отразить функцию состояния системы, не вникая в детали физических и информационных процессов, которые сопровождают процесс ее функционирования. Данная зависимость удобна тем, что она позволяет объединять совершенно разные по физической природе эффекты и отражать их долевое участие в управлении состоянием сложной системы, например такой, которой является программа развития горных работ.

В связи с этим автором данной работы в качестве обобщенного параметра чувствительности программы развития горных работ угольной шахты предложено использовать средневзвешенную величину отклонения времени реализации программы с учетом всех полученных ее критических путей.

$$S = \sum_{i=1}^N \Delta T_i p_i \quad (2)$$

где N – число критических путей, S – чувствительность программы, ΔT_i – относительное отклонение сроков завершения проекта, p_i – вероятность i -того критического пути. Температура может быть опущена, потому является не риском, а проектным ограничением и, кроме того, постоянной величиной.

Сравнивая формулы (1) и (2) нетрудно увидеть аналогию между термодинамическими силами и вероятностью критического пути, а также потоками и отклонением времени выполнения планового задания, например добычи из лавы или проходки подготовительной выработки. Такая аналогия усиливает обоснованность зависимости (2) в качестве обобщающего параметра чувствительности программы развития горных работ.

Заметим, что при досрочном завершении проекта или программы величина ΔS_i может оказаться отрицательной (негэнтропия позитивно сказывается на состоянии системы). Однако в условиях жесткого дефицита ресурсов и выполнении проекта на время (а не на конечный результат [15]) обобщенный параметр чувствительности проекта всегда будет иметь положительное значение.

Для выполнения испытаний проекта на чувствительность была разработана следующая процедура. Проверяется на чувствительность каждый параметр в отдельности. Наиболее важные результаты проверки проекта на чувствительность получают при испытании его реакции на вариацию величины входных факторов, которые определяют величину вариации темпов проходки и добычи, при изменении законов распределения вариации темпов горных работ, вариации вероятности отдельных векторов графа (отдельных работ в проекте).

Обеспечение прочих равных условий при испытании модели на чувствительность к одному из исследуемых факторов достигается увеличением числа испытаний. При этом задается несколько детерминированных уровней исследуемого фактора, а на каждом уровне модель испытывают определенное количество раз, которое обеспечивает получение устойчивой гистограммы чувствительности. Соответствие гистограммы определенному закону распределения оценивают с помощью критерия хи-квадрат и Колмогорова-Смирнова.

Для обеспечения возможности изменения вариации темпов добычи и проходки на входе модели в зависимости от изменения исследуемого фактора была осуществлена декомпозиция общих распределений указанных темпов с помощью нейронных сетей [16].

На рис. 1 показаны результаты исследований проекта на примере программы развития горных работ шахтоуправления «Покровское». Проект исследовался на чувствительность к наиболее существенным входным факторам. Эти исследования выполнены с помощью стохастической модели программы развития горных работ, в которую была встроена нейронная сеть. Видно, что с увеличением нарушенности шахтопласта показатель S чувствительности программы развития горных работ, определяемый по зависимости (2) растет. Связь между степенью нарушенности и чувствительностью программы можно описать линейной зависимостью с коэффициентом регрессии равным 0,46.

На нижнем фрагменте рис. 1 приведены распределения случайных значений вариаций добычи при постоянных величинах показателя геологической нарушенности. Заметно, что все гистограммы согласуются с нормальным распреде-

лением. Такое условие достигнуто при 33-42 стохастических испытаниях модели на каждом уровне нарушения.

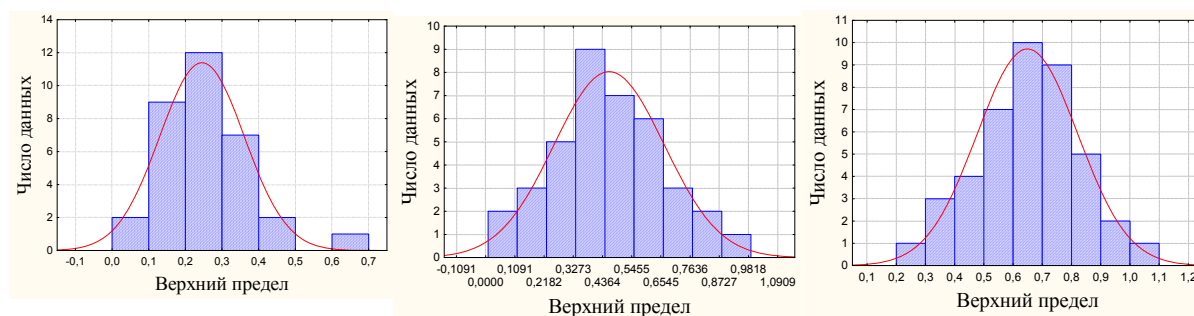
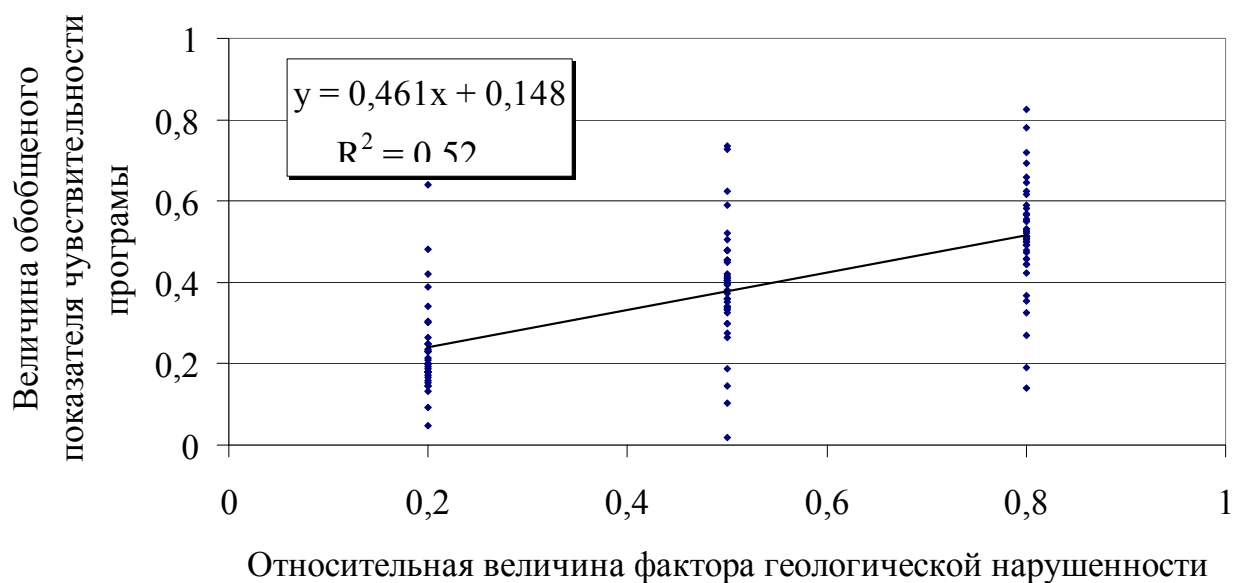


Рис. 3.12. Изменение вариации темпов добычи в зависимости от величины показателя геологической нарушения.

Изменение остальных факторов приводит к существенно меньшей вариации добычи из очистных забоев. Знаки коэффициентов регрессии определяются физическим смыслом связи между факторами и чувствительностью. Так например чем больше показатель материально-технического снабжения, тем ниже разрыв между плановыми и фактическими сроками завершения программы развития горных работ.

Проверка регрессионной зависимости между вариацией входных факторов и показателем чувствительности программы развития горных работ была выполнена для шахт им. Засядько, Комсомолец Донбасса и Краснолиманская. Во всех случаях фактор «геологическая нарушение» продемонстрировал наибольшую величину коэффициента регрессии, которая в несколько раз превышала значения коэффициентов регрессии остальных факторов. Это подтверждается рисунком 2, на котором приведена сводная диаграмма значений коэффициентов регрессии по результатам исследований на чувствительность программ развития горных работ для указанных шахт.

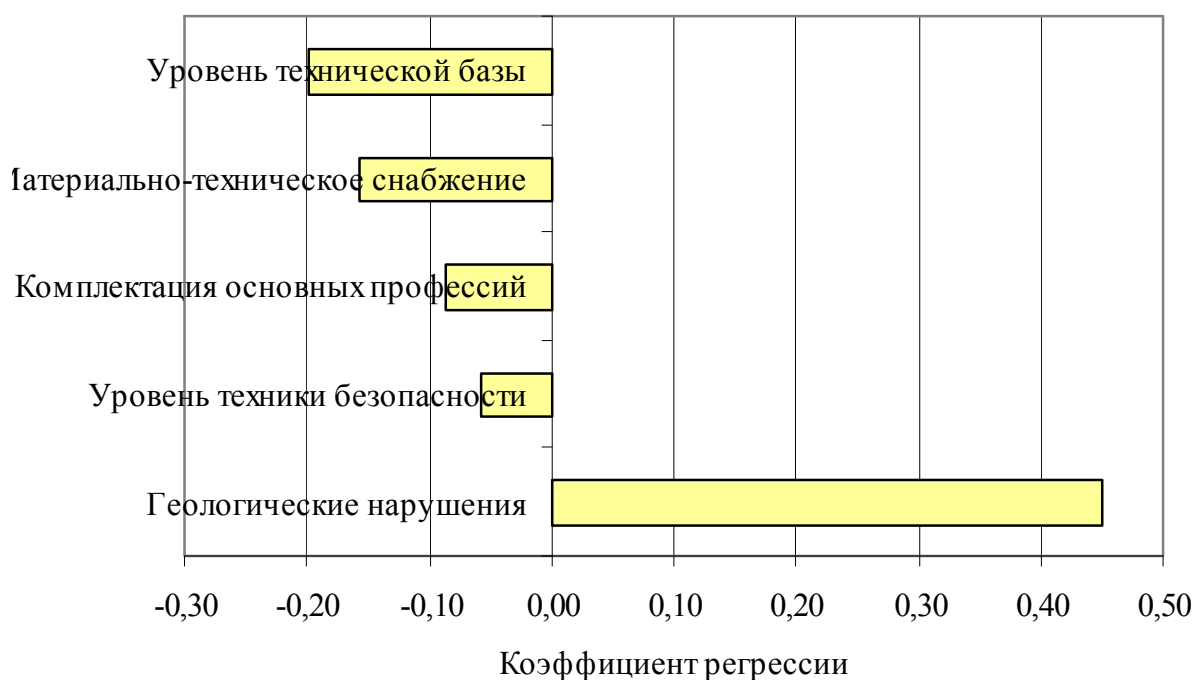


Рис. 2. Значение коэффициентов регрессии различных факторов на обобщенный показатель чувствительности программы развития горных работ.

Анализ результатов исследований чувствительности программы развития горных работ от вариации отдельных входных факторов показал, что практически все факторы могут существенно изменять общий уровень добычи угольной шахты. Так при ухудшении материально-технического снабжения или массового ухода рабочих основных профессий наблюдается устойчивая тенденция снижения добычи шахты в целом, хотя вариация добычи из отдельных лав может изменяться несущественно. Однако задержка сроков выполнения программы наиболее чувствительна к зонам малоамплитудной нарушенности, которые возникают по мере отработки запасов.

Разница реакции проекта угледобычи объясняется разной инерционностью факторов. В связи с тем, что местоположение малоамплитудных нарушений прогнозировать весьма сложно, их появление практически всегда можно характеризовать как внезапное. То же касается и других геологических нарушений, обуславливающих опасные газодинамические явления, горные удары и т.п. Недаром выбросы угля и газа характеризуют всегда как «внезапные».

Следовательно, первоочередной задачей является выбор и обоснование методов и мероприятий для нейтрализации или парирования геологических рисков проекта подземной угледобычи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пискунова Н.В. Системный подход к разрешению проблем шахт Украины// Уголь Украины,2002, №5.- С.13-16.
2. Грищенко Н.Н., Захарова Л.Н. Исследование риска невыполнения программы развития горных работ // Вісті Донецького гірничого інституту, -Донецьк: , №2, 2010-С.196-205.
3. 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..
4. Cooke-Davies N. Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management // International Journal of Project Management. Volume 20, Issue 1, October 2002, Pages 215-224.
5. Lee M.R. The “real” success factors on projects // International Journal of Project Management. Volume 27, Issue 2, July 2009, P. 455-467.
6. Kujala S., Kujala J. Factors influencing the choice of solution-specific business models// International Journal of Project Management. Volume 29, Issue 8, December 2011, Pages 960-970.
7. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. - М.: Мир, 1979.-284 с.
8. Томпсон Я. Неустойчивость и катастрофы в науке и технике. – М.: Мир, 1985.-254 с.
9. Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов. – М.:Мир, 1967.-614 с.
10. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980.-404 с.
11. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах: Введение в теорию диссипативных структур. - М.: Мир, 1979.-262 с.
12. Амоша А.И., Ильяшов М.А., Салли В.В. Системный анализ шахты как объекта инвестирования.- Донецк: ИЭП НАН Украины.-2002.-68 с.
13. Пивняк Г.Н., Амоша А.И., Яценко Ю.П. Поддержание мощности шахт и инвестиционные процессы в угольной промышленности Украины.-К.: Наукова думка, 2004.-312 с.
14. Салли С.В., Мамайкин А.Р. Методические основы синтезирования топологических сетей угольных шахт //Школа підземної розробки. V Міжнародна науково-практична конференція 02-08 жовтня 2001 року. – Дніпропетровськ-Ялта, 2011.-С.319-327.
15. Khang D.V.and Myint Y.M. Time, cost and quality trade-off in project management: a case study, International Journal of Project Management 17 (4) (1999), pp. 249–256.
16. Захарова Л.Н. Оценка риска невыполнения годовой программы развития горных работ с помощью стохастического моделирования /Матеріали Міжнародної наукової конференції «Форум гірників», 21-23 жовтня 2010, Дніпропетровськ,. Том 3. «Економіка і управління і гірничій промисловості»- Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010. –С. 217-225.