

А.Б. Агафонова, В.В. Агафонов

АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКОВ, ПРИНИМАЕМЫХ К УЧЕТУ ПРИ ПРИНЯТИИ ПРОЕКТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Рассмотрены виды неопределенности и рисков, непосредственно влияющие на выбор и обоснование проектных решений технологических систем угольных шахт. Ключевые слова: неопределенность, риск, проектные решения, угольные шахты.

В зависимости от степени неизвестности предстоящего поведения исходных параметров принятия проектных решений различают условия риска, в которых вероятность наступления отдельных событий, влияющих на конечный результат, может быть установлена с той или иной степенью точности, и условия неопределенности, в которых из-за отсутствия необходимой информации такая вероятность не может быть установлена.

Проектная деятельность при этом осуществляется в условиях наличия той или иной меры неопределенности, определяемой следующими факторами:

- неполным знанием всех параметров, обстоятельств, ситуации для выбора оптимальных проектных решений, а также невозможностью адекватного и точного учета всей даже доступной информации и наличием вероятностных характеристик поведения среды функционирования будущего горнодобывающего предприятия;

- наличием фактора случайности, т.е. учета и реализации факторов, которые невозможно предусмотреть и спрогнозировать даже в вероятностной постановке;

- наличием субъективных факторов противодействия, когда принятие проектных и инвестиционных решений идет в ситуации игры партнеров

с противоположными или не совпадающими интересами.

Таким образом, неопределенность – неполнота или неточность информации об условиях реализации проектных решений и инвестиционной деятельности, в том числе связанных с ними затратах и результатах. Данное понятие предполагает наличие неустойчивости, при которой результаты действий не обусловлены, а степень возможного влияния этих факторов на результаты неизвестна.

Неопределенность можно проклассифицировать по степени неизвестности (полная определенность, вероятностная, лингвистическая, интервальная, полная неопределенность), по характеру неопределенности (параметрическая, структурная, ситуационная) и по использованию получаемой в ходе проектирования информации (устраняемая и неустраняемая). По отношению к выбору основных проектных решений угольных шахт она может быть проклассифицирована как неопределенность горно-геологического и горнотехнического плана.

Риск – потенциальная, численно измеримая возможность неблагоприятных ситуаций и связанных с ними последствий в виде потерь, ущерба, убытков, вплоть до банкротства и ликвидации угольной шахты в связи с неустойчивостью и неопределенностью,

неблагоприятными обстоятельствами экономической деятельности, получения непредсказуемого результата в зависимости от принятого проектного решения, действия.

В количественном отношении нестабильность и неопределенность подразумевают возможность отклонения результата от ожидаемого (или среднего) значения, как в меньшую, так и в большую сторону. Соответственно, под риском в данном контексте понимается вероятность потери части инвестиционных ресурсов, недополучения доходов или появления дополнительных расходов и (или) обратное – невозможность получения значительной выгоды (дохода) в результате осуществления определенной целенаправленной проектной деятельности. Поэтому эти две категории, влияющие на инвестиционную деятельность и реализацию проектных решений, должны анализироваться и оцениваться совместно.

Природа нестабильности, неопределенности, рисков и потерь (рис. 1) при осуществлении производственно-хозяйственной деятельности угольных шахт напрямую связана с финансовыми убытками.

Происходящее в последнее время активное сырьевое развитие горнодобывающих отраслей России и, в частности, угольной привело к почти полному исчерпанию ранее созданного резерва разведанных месторождений. В результате этого собственники

многих угольных компаний вынуждены приобретать право пользования недрами месторождений и участков, находящихся на самых ранних стадиях геологического изучения, т.е. действовать в условиях высокой неопределенности принимаемых проектных решений.

В отличие от иных видов хозяйственной деятельности, ведение подземных горных работ постоянно сопровождается дополнительным специфическим риском, именуемым обычно геологическим. Его наличие связано с тем, что добыча угля всегда происходит не только в условиях неполноты знаний о недрах, но и при непрерывном перемещении горных выработок во времени и пространстве. В основе всех проектов и планов развития горных работ лежат не фактические данные о недрах, а данные геологических моделей недр, которые формализовано и объективно обладают тем или иным уровнем погрешности, причем непостоянным в различных точках геометрического пространства недр.

Как показали исследования, в ходе использования геологической информации ее погрешности, как правило, трансформируются в погрешности и ошибки технологических, организационных, инвестиционных и иных решений.

Как показывает опыт Кузбасса, фоновый уровень технологических погрешностей (геологических) ведет

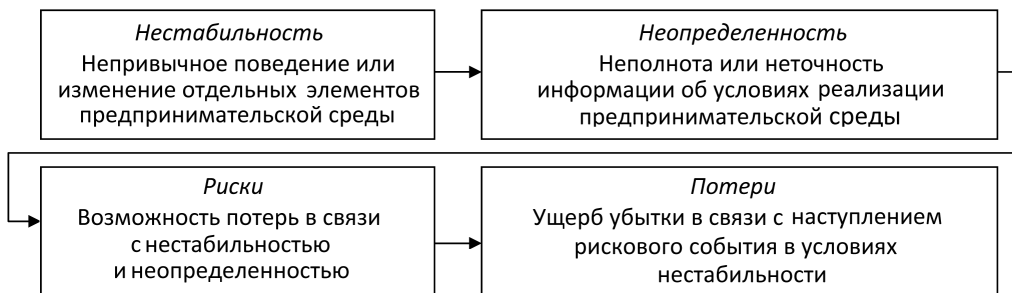


Рис. 1. Взаимосвязь категорий: нестабильность – неопределенность – риски – потери

к снижению ожидаемых технико-экономических показателей работы угледобывающих предприятий на 5–20%, а в отдельных случаях эти погрешности достигают значительных величин и приводят к непоправимым катастрофическим последствиям, особенно на стадии освоения новых месторождений.

Например, неприемлемо низкая достоверность моделей угольных пластов шахты «Анжерская-Южная» привела в 90-ых годах к вынужденному прекращению ее строительства с объемом бросовых монтажных работ на сумму более 2 млрд руб.

По выполненным в 2003 г. оценкам остаточных запасов полей шахтоуправления «Физкультурник» и «Сибирское» официальная оценка запасов превысила фактическую почти в 10 раз, что катастрофически сократило сроки возможной эксплуатации шахтных и выемочных полей и т.д.

В настоящее время происходит резкое возрастание риска принятия неправильных решений по организации недропользования, связанное с вовлечением в освоение месторождений, находящихся на самых начальных стадиях геологического изучения.

Например, с 1995 г., по состоянию на середину 2008 г. в Кузбассе по итогам конкурсов и аукционов недропользователям было предоставлено право добычи угля на 124 новых участках угольных месторождений, причем более половины (65 участков) были переданы в пользование за последние три с половиной года. Почти 98% запасов и ресурсов этих участков (7,1 млрд т) предполагают выполнение по ним различных геологических работ, а 49% – представлены предварительно оцененными запасами категории C_2 и ресурсами категорий P_1 и P_2 . Симптоматично, что доля таких запасов и ресурсов постоянно и неуклонно увеличивается: если в 2005 г.

она составляла примерно одну треть (29%), то в настоящее время – более двух третей (72%). Кроме того, постоянно растет доля запасов, представляемых для осуществления добычи угля подземным способом (с 77 до 96%).

Все это свидетельствует о существенном изменении состояния нераспределенного фонда недр Кузбасса в направлении снижения уровня знаний о недрах, которое объективно привело к росту риска организации недропользования.

Следует отметить, что оценка геологического риска практически всегда выполняется в режиме кастомизации, т.е. отвечает всегда на поставленные вопросы собственника вне зависимости от наличия либо отсутствия каких-либо государственных требований. В качестве примера данного утверждения можно привести пример возрождения шахты Чертинская, когда компании Росуголь для проведения этого мероприятия потребовалась только оценка мелкоамплитудной дизъюнктивной нарушенности в пределах неотработанных промышленных запасов. Степень достоверности остальных горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации заказчиков не интересовала.

Существовавшие до 1997 г. нормативные требования к соотношению запасов различных категорий приводили к вынужденному сокрытию части выявляемых разведкой по косвенным признакам разрывных нарушений, наличие которых неприемлемо снижало долю высоких категорий и вело, таким образом, к невыполнению геологического задания. В свою очередь, при ведении горных работ наблюдаются случаи «обнаружения» якобы существующих разрывных дислокаций, расположенных на технологически неудобных запасах, приводящие к списанию запасов вместо их отнесения к сверхнормативным потерям.

Нередки случаи сознательного сокрытия части информации, ориентированной на недостаточно компетентного пользователя. Так в многочисленных частных предложениях по освоению юрских углей Доронинского района Кузбасса никогда не содержится даже намек на их быстрое самовозгорание и превращение в мелочь при хранении.

В 90-ых годах правоохранительными органами были вскрыты факты фальсификации данных скважин на ряде объектов, разведываемых Беловской ГРП треста «Кузбассуглеразведка». При планировании геологоразведочных работ по ряду данных объектов существующие материалы были подвергнуты сомнению, после чего резко возросли запрашиваемые объемы финансовых инвестиций на геологоразведочные работы.

Геологический риск может формироваться по нескольким направлениям:

- *Риск несвоевременности получения информации.* При выполнении всего комплекса подготовительных работ для участия в аукционе на право пользования недрами по одному из участков коксующихся углей в Кузбассе в 2006 г. выяснилось, что в пакете геологической информации полностью отсутствовали данные о содержании фосфора, что поставило под сомнение саму возможность использования этих углей для нужд металлургии.

- *Риски недостоверности и неточности информации.* Недостоверные данные по пластометрическим показателям угля пласта разреза «Щербинский» привели в 2000 г. к прекращению ведения горных работ после его ввода в эксплуатацию.

- *Риск неполноты информации.* Как показал анализ, в большинстве случаев пакеты информации, используемые при реализации горных проектов, являются изначально неполными.

Так, в конце 70-ых годов при разведке Нерюнгринского месторождения опробование качественных свойств мощного пласта угля в скважинах было выполнено в целях сокращения расходов на разведку без разделения на секции. В результате установленного при ведении горных работ крайнего непостоянства значений показателей пластометрии потребовалась организация на угольном разрезе нетрадиционного для угольной отрасли режима ведения горных работ с использованием усреднительных складов, что резко снизило технико-экономическую эффективность производства.

- *Риск утраты информации.* Данный вид риска напрямую связан с фарс-мажорными обстоятельствами, а также при плохо организованной системе хранения и пользования информацией. В 2007 г. ООО разрез Березовский получил право пользования недрами на участке «Спиченковский», который отрабатывался ранее соответствующей одноименной шахтой, на которой полностью отсутствовала геолого-разведочная информация, а имеющаяся датировалась 1956 г.

- *Риск искажения.* Практика показывает, что около 10% всех данных, приведенных и используемых на подсчетных планах угольных пластов приведены с ошибками. Например, при закрытии ш. им. Волкова рассматривалась возможность сохранения эксплуатации технологической системы путем вовлечения в отработку промышленных запасов резервного участка, вскрытие которого было связано с переходом значительной зоны в пределах которой по данным одной разведочной скважины угольный пласт отсутствовал, в связи с чем проект развития шахты был не реализован. Впоследствии выяснилось, что первичные геологические материалы свидетельствуют о наличии пласта по пластопересечению с сохранением рабочей мощности.

Также при выборе и обосновании проектных решений технологических систем угольных шахт к учету можно принять следующие виды стратегических рисков:

1. *Природно-ресурсный риск*. Синонимом ему служит вышерассмотренный геологический риск, определяемый точностью оценок условий залегания тел полезных ископаемых, их качества и запасов в пределах вновь осваиваемых месторождений и горизонтов,

2. *Технологический (операционный) риск*, связанный с неосвоением производственной мощности и других видов производственно-хозяйственной деятельности в результате воздействия как внутренних факторов (использование неэффективных технологий, отказ от изыскания внутренних резервов совершенствования технологических схем), так и внешней среды (возможные отклонения технологических свойств ресурсов угледобывающих предприятий от требуемых значений).

3. *Промышленный риск* – возможные отклонения производственного процесса, вызванные сбоями работы горнодобывающего оборудования и несвоевременного его обновления, а также другие непредвиденные ситуации, вызывающие отклонения от нормативной (проектной) мощности предприятия.

4. *Экологический риск* – возможные чрезвычайные экологические ситуации, вызванные функционированием горнодобывающих предприятий, отзыв лицензий и разного вида разрешений, штрафы и пени, снижение работоспособности очистных сооружений, а также независящими от них процессами, которые оказывают негативное воздействие на процесс угледобычи: стихийные бедствия, наводнения, пожары и др.

5. *Политический риск* – источниками данного риска может быть увеличение налоговых ставок, введение принудительных отчислений, изменение договорных условий, трансформация форм собственности, отчуж-

Оценка важности видов горного риска

Вид риска	Ранг, отражающий степень важности компонента риска (доля респондентов опроса, включившая компонент в состав горного риска), %
Риски запасов (геологический риск)	100,0
Цены на сырье	33,3
Эксплуатационные затраты	33,3
Местоположение	23,8
Капитальные затраты	22,2
Управление	20,6
Оформление прав	20,6
Налоговый режим	15,9
Геологические характеристики	11,1
Способ разработки месторождения, применяемая технология	6,3
Стадия развития	4,8
Наличие потенциальных запасов (перспектива прироста запасов)	3,2

дение имущества и денежных средств по политическим мотивам.

6. *Экономические риски*: инфляционный, обусловленный обесцениванием реальной покупательной способности денег, при этом предприниматель несет реальные потери; коммерческий – риск потерь в результате финансово-хозяйственной деятельности, его причиной может быть повышение стоимости товара, непредвиденное снижение спроса на топливно-энергетические ресурсы, последствия вступления России в ВТО.

7. Отдельно можно выделить *правовой риск*, обусловленный проблемами, связанными с выполнением действующих законодательных требований и с возможностью устранения имеющихся нарушений действующих лицензионных соглашений.

В 2003 г. Канадский институт горного дела и металлургии разработал классификацию оценок важности отдельных составляющих горного риска, которая приведена в таблице, а так называемая карта риска приведена на рис. 2.

Карта риска представляет из себя графическое и текстовое описание ограниченного числа рисков горнодобывающего предприятия, расположенного в прямоугольной матрице, по одной оси которой указывается сила воздействия или значимость риска, а по другой – вероятность или частота

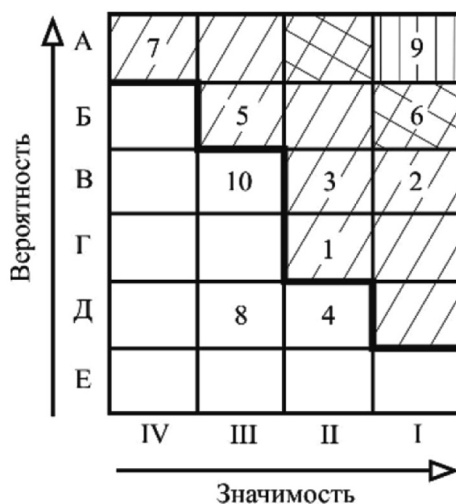


Рис. 2. Пример карты риска

его возникновения, причем каждому сочетанию вероятность – значимость приписывается один вид риска. Исходя из этого риски классифицируются по четырем категориям: 1 – катастрофический, 2 – критический, 3 – существенный, 4 – граничный и по шести категориям вероятности проявления (А–Е – от «почти невозможно» до «почти точно произойдет»). Критическая граница терпимости к риску – линия толерантности обозначена жирной ломаной линией. Выше этой линии находятся непереносимые риски, для которых требуется наметить мероприятия по их уменьшению, а ниже – риски, управляемые в рабочем порядке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анил К. Джейн, Жианчанг Мао, Моиддин К.М. Введение в искусственные нейронные сети // Открытые системы. – 1997. – № 4.

2. Исаев С.А. Генетические алгоритмы – эволюционные методы поиска. – <http://www.chat.ru/~saisa/index.html>. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Агафонова Альбина Борисовна – преподаватель, Агафонов Виталий Валерьевич – аспирант, МГИ НИТУ «МИСиС».

ANALYSIS OF UNCERTAINTY AND RISKS CONSIDERED IN DECISION-MAKING ON COAL MINE PROCESS DESIGNS

Agafonova A.B.¹, Lecturer,

Agafonov V.V.¹, Graduate Student,

¹ Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia, e-mail: ud@msmu.ru.

In article kinds of uncertainty and the risks, directly influencing a choice and a substantiation of design decisions of technological systems of collieries are considered.

Key words: uncertainty, risk, design decisions, collieries.

REFERENCES

1. Anil K. Dzhein, Zhianchang Mao, Moiuddin K.M. *Otkrytye sistemy*. 1997, no 4.
2. Isaev S.A. *Geneticheskie algoritmy – evolyutsionnye metody poiska* (Genetic algorithms–Evolutionary methods of search). <http://www.chat.ru/~saisa/index.html>.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИВОДНОГО БАРАБАНА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНЫХ ШВОВ

Соловьев Данила Янисович – аспирант, e-mail: danrunet@rambler.ru, МГИ НИТУ «МИСиС».

Описана цифровая модель приводного барабана ленточного конвейера, для анализа напряженно-деформированного состояния сварных швов основных элементов барабана и, в частности, сварного шва обечайки. В качестве объекта исследования выбран сварной шов, выполненный по образующей обечайки барабана, который по данным наблюдений разрушается наиболее часто, причем это разрушение носит усталостный характер. При создании модели использован метод конечных элементов (МКЭ). При задании нагрузок учтены изменяющиеся по дуге обхвата нормальные давления и касательные напряжения, причем произведена коррекция формулы Эйлера с учетом изменяющегося по дуге обхвата коэффициента сцепления между лентой и барабана. Установлено, что за один оборот приводного барабана некоторые зоны сварного шва испытывают многократные знакопеременные изгибные напряжения, которые могут быть использованы для оценки долговечности шва. Разработанная цифровая модель может быть использована для прочностного расчета приводного барабана, натяжного и обводного барабанов.

Ключевые слова: ленточный конвейер, приводной барабан, цифровая модель, напряженное состояние, сварной шов, деформации.

COMPUTER SIMULATION OF THE STRESS STATE OF THE BELT CONVEYOR DRIVE PULLEY TO ASSESS THE DURABILITY OF WELDS

Solovyh D.J., Graduate Student, e-mail: danrunet@rambler.ru,

Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Describes a digital model of the drive drum conveyor belt, for analysis of stress-strain state of welds main elements of the drum and, in particular, the weld shell. As the object of study selected weld made by forming the shell of the drum, which, according to observations de-stroyed most frequently and this is the destruction of the nature of fatigue. The model created using finite element method (FEM). Considered changing along the arc of wrap normal pressure and shear stresses, and made the correction of Euler's formula taking into account the changing along the arc of wrap coefficient of friction between the belt and the drum. It's established, that during one revolution of the drive drum, some of the weld zone experience multiple alternating bending stresses, which can be used to assess the durability of the seam. The developed model can be used for strength calculation of the drive pulley, tensioner and idler drums.

Key words: belt conveyor, pulley, FEM, belt tension, stress-strain state, shear stresses, weld shell.