© А.С. Кузнецов, О.Б. Кортелев, 2007

УДК 622.831: 658.382

А.С. Кузнецов, О.Б. Кортелев

ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ РИСКЕ

Семинар № 14

Стремление минимизировать техногенный риск, снизить количество и последствия техногенных аварий, катастроф представляется естественным. Для того чтобы достичь в этом каких-либо результатов, необходимо разобраться с природой явления, с тем, что его порождает. Здесь рассматривается аспект проблемы, связанный с выбором и принятием решений в процессе организации производства. Дело в том, что данный риск обусловливается неполнотой или размытостью информации, знаний и ошибками в расчетах, оценках ситуаций и вариантов (сценариев) их развития. Это требует систематизации знаний и уточнения или восстановления некоторых понятий.

Определим нормальную область как множество траекторий движения, на которых сохраняется допустимый (нормальный) уровень напряженности ситуации, либо напряженность нормализуется. Уровень напряженности считается допустимым, если он не сдерживает совместное развитие. Риск – это оценка возможности и стоимости ошибки при выборе параметров движения. Техногенный риск – оценка возможности выхода параметров технологии (операции) за пределы нормальной области и вызываемых этим потерь. Любой риск связан с некоторой неопределенностью ситуаций, при этом понятия беспорядка и неопределенности во многих случаях совпадают.

Порядок – организованное расположение, размещение или движение чего-либо. Параметрами порядка или управляющими параметрами называют природные и организационные факторы, играющие ведущую роль в формировании характера процесса и обусловливающие то или иное развитие ситуации и соответствующую динамику зависимых параметров (показателей). Значения управляемых параметров (переменных) определяются человеком в результате анализа ситуации и принятия решения. Когда эти значения зафиксированы, они становятся параметрами порядка. Технология – организованный процесс, образуемый совокупностью взаимосвязанных операций и используемых средств производства. Это динамический ряд параметров порядка, указывающий характеристики, размещение элементов и движение потоков, создаваемых и поддерживаемых этими элементами. В текущий момент времени имеем ряд параметров (объединяющий порядок размещения элементов и порядок движения), определенный в ограниченном диапазоне условий применения (ближайший период) и частично или ориентировочно определенный для более поздних периодов времени.

В нашем случае порядок это, например, принятый или рассматриваемый

вариант раскройки части месторождения на слои, горизонты, участки, блоки и последовательность их отработки (параметры этого порядка – координаты и размеры блоков, перестановка номеров блоков, указывающая очередность их выемки), календарный план или график отработки подготовленных к выемке запасов, сетевой график выполнения работ, график приобретения и замены горно-транспортного оборудования, транспортно-технологическая схема, план грузоперевозок на определенный период, график движения транспортных средств, профилактического обслуживания производственной системы и т.д. Вообще говоря, каждый из этих элементов – план, схема, график, сетевой график – представляет собой частичный порядок – элемент порядка. Если к указанным элементам добавить порядок вскрытия и подготовки запасов к отработке, план природоохранных мероприятий и порядок обслуживания потребителей, то все вместе это будет образовывать порядок разработки выделенного участка месторождения полезного ископаемого. Естественно, можно говорить о порядке и с более общих позиций, учитывая процессы рекультивации нарушенных территорий и освоения новых участков месторождения или месторождений, включая создание инфраструктуры и привлечение необходимых для этого материальных, интеллектуальных, трудовых и других ресурсов. Самый высокий уровень охватывает порядок (правила) лицензирования права разработки месторождения, раздела продукции (оплаты труда), установления ответственности и налогообложения (структура, источники, ставки).

Ситуация – положение, обстоятельства или условия, в которых оказывается кто-либо или что-либо. С одной стороны, это объективное положение вещей, с другой – собственное восприятие и отображение обстоятельств (мысленное, содержательное, информационное, математическое), окружающих решение; актуальные знания, представления о процессе и решениях, допустимых в данных условиях. Обычно, это аппроксимация и экстраполяция каких-то характеристик, закономерностей, связей, ограничений и критерии качества решений, т.е. задача или комплекс задач.

Система – множество элементов, объединенных какими-либо отношениями; совокупность элементов и связей, существенных в данных условиях (в определенном смысле, контексте или с какой-то позиции, точки зрения). Например, система понятий, целей, условий, ограничений, показателей, задач, решений, операций и т.п. Это может быть порядок, структура, строение, устройство, организация чего-либо. Под отношениями можно понимать воздействие, влияние, противодействие, взаимодействие, временные и логические связи, подчиненность, зависимость, предпочтения и т.п. Поскольку в жизни все взаимосвязано, любая система представляет объект, искусственно выделенный из некоторого информационного пространства, включающего сведения, знания и представления.

При определении любого элемента порядка или сочетания частичных порядков выделяется и исследуется некоторая система и среда, оказывающая случайное воздействие на систему, ее элементы и связи. Существует большое число способов (вариантов) представления, декомпозиции и отображения сложной системы. Соответственно получается тот или иной комплекс задач. Как осуществляется декомпозиция и ставятся задачи, зависит от многих факторов, включая видение, восприятие и

понимание реальной ситуации. В качестве примера приведем одно из возможных представлений процесса разработки полезного ископаемого с помощью системы, объединяющей следующие элементы: объекты (участки и блоки месторождения), подвергаемые прямому воздействию со стороны активных элементов (работы, оборудование), и пассивные (конструктивные) элементы, подвергаемые косвенному и прямому воздействию со стороны природы (среды). Расположение элементов упорядочено. Связи и действия активных элементов образуют порядок, направленный на преодоление сопротивления, преобразование объектов и получение намечаемых результатов. Со временем меняется количество и состав множества элементов, их назначение, размещение, связи и действия, т.е. система является динамической и на каждый из указанных порядков влияют случайные факторы. Аналогично можно получать различные системы из тех или иных взаимосвязанных элементов порядка. Кроме того, каждая из них может иметь определенную иерархическую упорядоченность.

В процессе производства осуществляется расходование, преобразование и пополнение ресурсов. Нагрузка на источник ресурса определяется интенсивностью его использования. Фронт работы активного элемента (в нормальных условиях) – подготовленный к выполнению объем работы. Элемент становится неработоспособным в условиях, на которые он не рассчитан, а также в случаях, когда он выходит из строя (ломается, разрушается) или его физическое состояние оказывается критическим. Рабочий ресурс – гарантированный объем работы или период устойчивого состояния элемента. Этот ресурс ограничивается фронтом работы (резервом времени работы в нормальных условиях) и запасом внутренней работоспособности.

Любое целенаправленное (осмысленное, искусственное, специальное) изменение интенсивности использования ресурсов, параметров движения назовем перестройкой производственного процесса. Маневренный ресурс – время, свободные мощности и другие ресурсы, отведенные для перестройки. Очевидно, они могут быть достаточными или недостаточными. Во многом это зависит от плана – системы мероприятий, предусматривающей и предопределяющей порядок развития, выполнения работ и пополнения ресурсов. План, решение, порядок – синонимы. Если решением проблемы является схема или последовательность операций, то алгоритм, технология и порядок также синонимы.

Организация производства, в основном, это анализ ситуаций, принятие решений, контроль за их осуществлением и развитием ситуации. Эффективность – комплексная характеристика процесса и его организации, полная совокупность оценок, отражающих качество (способность, возможность, стремление) выполнения объектом определенных функций в данных условиях. Для эффективности процесса необходимо (в каких-то условиях достаточно), чтобы каждое принятое и принимаемое решение было эффективным (обобщение принципа оптимальности Р. Беллмана).

Пусть X – множество допустимых решений многокритериальной задачи, соответствующей рассматриваемой ситуации. Предполагается, что множество критериев включает в себя показатель (оценку) перспективности решений в смысле наличия ресурсов, возможностей для перестройки производства в перспективе. Пусть x'' и x' – два произвольных решения из X, $M_1 = \{i \mid f_i(x) \rightarrow$

$max\}$, $M_2 = \{i \mid f_i(x) \to min\}$, $f_i(x)$ – целевые функции задачи, $i \in M_1 \cup M_2$ (M_1 – множество критериев, которые максимизируются, M_2 – минимизируются). Если значения $f_i(x)$ определяются с погрешностью $\varepsilon > 0$, то x'' не хуже x', если

$f_i(x'') \geq f_i(x') - 2\varepsilon$, $i \in M_1$,

и $f_i(x'') \leq f_i(x') + 2\varepsilon$, $i \in M_2$.

Введем новые обозначения: $f_k(x)$ – натуральный или экономический показатель качества решения x; $p_k(x)$ – оценка надежности $f_k(x)$ (или x по отношению к f_k); $c(x)$ – оценка возможных потерь, дополнительных расходов, связанных с x, цена риска; $q(x)$ – оценка возможности этих потерь – вероятностная составляющая риска. Считается, что $x' \in X$ лучше (предпочтительнее) $x \in X$, если по всем показателям x' не хуже x и существует номер k из M_1 или M_2 (M_1 и M_2 – новые), для которого выполняется, по крайней мере, одно из условий:

$f_k(x') \geq f_k(x) + \varepsilon_{f_k}$, если $k \in M_1$;

$f_k(x') \leq f_k(x) - \varepsilon_{f_k}$, если $k \in M_2$;

$p_k(x') \geq p_k(x) + \varepsilon_{p_k}$; $c(x') \leq c(x) - \varepsilon_c$;

$q(x') \leq q(x) - \varepsilon_q$,

где ε_{f_k}, ε_{p_k}, ε_c, ε_q – заданные приращения или сокращения соответствующих критериев. Решение $x \in X$ назовем условно нормальным или почти оптимальным, если не существует другого $x' \in X$, которое было бы лучше x. Такое решение невозможно улучшить без риска снижения эффективности, по меньшей мере, по одному из показателей (имеется в виду недопустимый, неприемлемый риск).

Обычно трудно получить систему, в которой каждое из составляющих ее решений было бы оптимальным (эффективным) с общей позиции. Поэтому используется понятие нормальной области (условно нормальной), включающей в себя решения, близкие к оптимальным. Значения $\varepsilon, \varepsilon_{f_k}, \varepsilon_{p_k}$, $\varepsilon_c, \varepsilon_q$ определяют границы указанной области, при этом стремление к оптимуму, эффективности процесса сохраняется. Отметим, что оптимальный период (рабочий ресурс) решения почти всегда ограничен.

В каждый момент времени параметры индивидуальной технологии (включая нагрузки на элементы системы и их рабочий ресурс) имеют ограниченную нормальную область. Со временем она деформируется. Экстремальное событие – резкое изменение состояния объекта, сопровождающееся значительными потерями; незапланированное существенное снижение эффективности процесса (из-за аварии, опасных условий или критического состояния элемента системы). Ситуация опасная, если ее развитие с высокой вероятностью приводит к экстремальному событию. Для устойчивости процесса в условиях техногенного риска достаточно, чтобы ни одна производственная ситуация не оказалась опасной (при этом уровень опасности всегда остается допустимым). А поскольку каждый элемент порядка имеет свой оптимальный (эффективный) период, то для устойчивости объекта достаточно, чтобы ни один из указанных элементов не выходил за пределы нормальной области.

Для предотвращения экстремального события необходимо вовремя и правильно изменить параметры движения, т.е. выполнить анализ ситуации и осуществить эффективную перестройку производственного процесса. Ситуация может быть актуальной в оперативном, текущем и перспективном плане, задолго до появления опасности. Резерв вре-

мени нормальной работы предприятия определяется длительностью периода анализа ситуации, принятия и реализации решения, плюс время до критического момента, когда ситуация становится опасной. Таким образом, владение ситуацией и достаточными ресурсами для построения и реализации эффективных сценариев ее развития – необходимое условие безопасности горных работ. ГИАБ

Коротко об авторах

Кузнецов Александр Сергеевич – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник,
Кортелев Олег Борисович – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник,
ИГД СО РАН, Новосибирск.

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ			
ЭЗДЕКОВ Мухамед Владимирович	Обоснование эффективности управления геомеханикой массива закладкой камер твердеющими смесями на основе карбонатных хвостов обогащения (на примере Тырныаузского месторождения)	25.00.22	к.т.н.
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БУРОВАЯ ТЕХНИКА» – ВНИИБТ»			
ПОТАПОВ Олег Александрович	Разработка метода оперативной оценки оптимального времени работы долота на забое в квазиоднородном интервале при роторном бурении	25.00.15	к.т.н.