

*д.т.н. Фрумкин Р.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТРУДА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Запропоновано новий підхід щодо оцінки якості виконання технологічних процесів та робіт, який забезпечує контроль та управління ними.

***Ключові слова:** процеси підземних гірничих робіт, якість праці, контроль, управління.*

Предложен новый подход к оценке качества выполнения технологических процессов и работ, обеспечивающий контроль и управление ими.

***Ключевые слова:** процессы подземных горных работ, качество труда, контроль, управление.*

Актуальность проблемы и её связь с научными и практическими заданиями. Основными причинами участвовавших за последние годы аварий с тяжёлыми, подчас катастрофическими последствиями, являются: нарушение технологической дисциплины, некомпетентность, бесхозяйственность, игнорирование требований Правил безопасности, законодательных актов и нормативных документов, банальное разгильдяйство. В ликвидацию их последствий включается вся страна, заделываются огромные материальные, финансовые и людские ресурсы, разрабатывается серия мер по предупреждению повторения аналогичных аварий. Такое ненормальное положение свидетельствует о необходимости разработки продуманной системы совершенствования результатов любой трудовой деятельности, надёжных методов контроля за качеством выполнения технологических процессов и исполнителей работ.

Анализ исследований и публикаций. Анализ публикаций, посвящённых рассматриваемой проблеме [1-5], показывает, что несмотря на значительный прогресс, достигнутый в этой области знаний, в угольной промышленности Украины и др. добывающих отраслях вопросы оценки качества выполняемых работ и технологических процессов изучены недостаточно, а применяемые методы их контроля не отвечают современным требованиям. Достаточно сказать, что наиболее надёжные статистические методы контроля здесь применяются крайне редко, что

объясняется рядом объективных причин: постоянной подвижностью рабочих мест, спецификой подземных условий труда, сложностью и высокой стоимостью метрологического обеспечения контроля и др.

Постановка задачи. Исходя из изложенного, основной целью настоящей публикации является разработка новой методики контроля за качеством выполняемых работ и технологических процессов, основанной на количественной оценке последствий ошибок, совершаемых в процессе трудовой деятельности, учитывающей специфику подземных горных работ и обладающей невысокой его стоимостью.

Изложение материала и его результаты. Качество выполнения любого процесса зависит от того, сопровождается ли он различными ошибками или выполняется исполнителями безошибочно.

Ошибки могут приводить к отрицательным результатам, влияющим на качество продукции или процесса, либо не иметь последствий. Кроме того, ошибки могут быть независимыми или взаимно исключаящими друг друга. Примером независимых ошибок является нарушение паспорта крепления лавы и подрубки кровли пласта исполнительным органом выемочной машины, а взаимоисключающих – переизмельчение угля и выход его из лавы с большой кусковатостью, превышающей установленные нормы и затрудняющей его транспортировку и обработку.

Возможность классификации ошибок и их последствий позволяет формализовать любой процесс добычи угля и осуществлять оперативный контроль, используя для этого ПЭВМ.

Трудность решения задачи заключается в определении характера ошибок.

Как правило, ни один процесс в течение более или менее продолжительного времени не выполняется безошибочно. Частота ошибок (отклонение от нормального хода производства) зависит от надёжности производственных систем. Кроме того, любая ошибка носит случайный вероятностный характер во времени и пространстве. Поэтому, оценивая качество выполняемого процесса или работы (качество исполнителей) в долях единицы или процентах, мы не можем принять в качестве высшего балла 1 (100%), так как в самой производственной системе уже заложена определённая доля вероятности ошибки. Следовательно, за базисный уровень отсчёта при оценке качества любого процесса или работы исполнителя можно принять некоторую заранее вычисленную вероятностную величину, полученную с учётом уровня надёжности производственной системы, качественных характеристик техники, технологии, достигнутого уровня организации производства и труда. При этом нужно иметь в виду, что такая базисная величина по мере развития контролируемой системы, как правило, изменяется в сторону её ужесточения.

Алгоритм определения базисного оценочного уровня контролируемой системы разработан М.И.Крулькевичем [6] и представлен им в следующем виде.

Пусть деятельность системы (бригады, звена, исполнителя и др.) в течение определённого времени (смены, недели, месяца и т.д.) включает m разных типов процессов с индексом j ($j = 1, 2, \dots, n$). Обозначим через P_{ij} вероятность того, что при выполнении j -го процесса возникает ошибка i -го вида, а через S_{ij} – условную вероятность того, что появление i -го вида ошибки в ходе выполнения j -го процесса приведёт к каким-либо отрицательным последствиям. Следовательно, произведение $P_{ij} \cdot S_{ij}$ определяет абсолютное значение вероятности отрицательных последствий в результате возникновения ошибки i -го вида при выполнении j -го процесса. Вероятность отсутствия ошибки и её отрицательного последствия P_j будет равна $1 - P_{ij} \cdot S_{ij}$.

Если полагать виды ошибок независимыми, то [6]:

$$P_j = \prod_{i=1}^{N_j} (1 - P_{ij} \cdot S_{ij}). \quad (1)$$

Если считать ошибки взаимно исключаящими друг друга, то

$$P_j = 1 - \sum_{i=1}^{N_j} P_{ij} \cdot S_{ij}. \quad (2)$$

Вероятность отсутствия отрицательного последствия при выполнении любого j -го процесса равна:

$$Q_j = P_j^{n_j}. \quad (3)$$

Общая вероятность отрицательного последствия хотя бы одного процесса равна:

для случая, когда ошибки независимы:

$$Q_{\text{общ}} = 1 - \prod_{j=1}^m P_j = 1 - \prod_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^{N_j} (1 - P_{ij} \cdot S_{ij}) \right]^{n_j}; \quad (4)$$

для случая, когда ошибки взаимно исключают друг друга:

$$Q_{\text{общ}} = 1 - \prod_{j=1}^m P_j = 1 - \prod_{j=1}^m \left(1 - \sum_{i=1}^{N_j} P_{ij} \cdot S_{ij} \right)^{n_j}. \quad (5)$$

Вероятностная величина $Q_{общ}$ может служить базисным оценочным уровнем контролируемой системы (объекта) при оценке её качественной характеристики (качество продукции, процессов производства, исполнителей).

Чем меньше фактический показатель контролируемой системы, тем более высокий уровень качественной характеристики этой системы. Иначе говоря, при более низких значениях $Q_{общ}$ контролируемая система (объект) обеспечивает и более низкую вероятность отрицательных последствий.

Методику определения базисного оценочного показателя покажем на конкретном примере оценки уровня качества работы бригады рабочих очистного забоя.

В основу оценки качества работы бригады положена оценка выполняемых в очистном забое процессов. Выемка угля в лаве осуществляется комбайном, а на концевых её участках – буровзрывным способом. Другие условия работы ясны из таблиц 1 и 2.

Определяем вероятность отсутствия ошибки и её отрицательного последствия для каждого процесса j для условий, когда допускаемые ошибки будут независимыми:

для первого процесса (выемка угля комбайном)

$$P_1 = (1 - 0,1 \cdot 0,6)(1 - 0,15 \cdot 0,3) = 0,90;$$

для второго процесса (нагнетание воды в пласт)

$$P_2 = (1 - 0,3 \cdot 0,9)(1 - 0,2 \cdot 0,9) = 0,60;$$

для третьего процесса (управление кровлей)

$$P_3 = (1 - 0,2 \cdot 0,4)(1 - 0,1 \cdot 0,3) = 0,89.$$

Определяем вероятность отсутствия отрицательных последствий:
для первого процесса

$$Q_1 = P_1^2 = 0,90^2 = 0,81;$$

для второго процесса

$$Q_2 = P_2^2 = 0,6^2 = 0,36;$$

Таблица 1 – Исходные данные для определения уровня качества работы бригады, осуществляющей очистную выемку угля в лаве (ошибки в выполнении процессов независимые)

№ п/п	Процесс	Вид ошибки	Вероятность ошибки	Вид последствия ошибки	Вероятность последствия ошибки
1	2	3	4	5	6
1	Выемка угля комбайном $j = 1, n_j = 2$	Рабочая скорость комбайна не соответствует фактической крепости и строению пласта, $i = 1$	$P_{11} = 0,10$	Искривление линии забоя лавы	$S_{11} = 0,6$
		Подрубка кровли или почвы пласта исполнительным органом выемочной машины, $i = 1, N_j = 2$	$P_{21} = 0,15$	Засорение угля породами кровли и почвы	$S_{21} = 0,3$
2	Нагнетание воды в пласт $j = 2, n_j = 2$	Отдельные участки пласта увлажняются недостаточно, $i = 1$	$P_{12} = 0,30$	Большая запылённость воздуха	$S_{12} = 0,9$
		Отдельные участки пласта остаются не пропитанными водой, $i = 1, N_2 = 2$	$P_{22} = 0,20$	Большая запылённость воздуха. Наличие крупногабаритных кусков угля	$S_{22} = 0,9$
3	Управление кровлей в лаве стойками ОКУМ $j = 3, n_j = 2$	Одновременная посадка кровли на нескольких участках, $i = 1$	$P_{13} = 0,20$	Повышение опасности обрушения кровли. Возникновение помех для выполнения др. операций	$S_{13} = 0,4$
		Не соблюдается расстояние между стойками ОКУМ по падению пласта, $i = 1, N_3 = 2$	$P_{23} = 0,10$	Повышение опасности обрушения кровли	$S_{23} = 0,3$

Таблица 2 – Исходные данные для определения уровня качества работы бригады, осуществляющей очистную выемку угля в лаве (ошибки в выполнении процессов взаимоисключающие)

№ п/п	Процесс	Вид ошибки	Вероятность ошибки	Вид последствия ошибки	Вероятность последствия ошибки
1	2	3	4	5	6
1	Крепление забоя, $j = 1, n_j = 2$	Установка комплектов крепи на расстоянии, превышающем установленную паспортную величину, $i = 1$	$P_{11} = 0,1$	Повышение опасности обрушения кровли. Засорение угля породами кровли	$S_{11} = 0,1$
		Установка комплектов крепи на расстоянии, менее установленной паспортной величины, $i = 1, N_j = 2$	$P_{21} = 0,1$	Увеличение трудоёмкости работ	$S_{21} = 0,8$
2	Буровзрывные работы в нишах, $j = 2, n_j = 2$	Шпуры бурятся на расстоянии менее установленной паспортной величины, $i = 1$	$P_{12} = 0,1$	Переизмельчение угля после взрывания шпуров. Увеличение трудоёмкости работ	$S_{12} = 0,3$
		Шпуры бурятся на расстоянии более установленной паспортной величины, $i = 1, N_2 = 2$	$P_{22} = 0,1$	Наличие крупногабаритных кусков угля	$S_{22} = 0,6$
3	Управление кровлей с помощью посадочных стоек ОКУМ $j = 3, n_j = 2$	Возведение контрольных стоек более высокой плотности, чем предусмотрено паспортом, $i = 1$	$P_{13} = 0,2$	Увеличение трудоёмкости работ	$S_{13} = 0,6$
		Возведение контрольных стоек плотностью, менее предусмотренной паспортом, $i = 1, N_3 = 2$	$P_{23} = 0,2$	Повышение опасности обрушения кровли	$S_{23} = 0,5$

для третьего процесса

$$Q_3 = P_3^2 = 0,89^2 = 0,79.$$

Общая вероятность отрицательного последствия хотя бы одного процесса:

$$Q_{1общ} = 1 - (1 - 0,81 \cdot 0,36 \cdot 0,79) = 0,23.$$

Для данных, когда ошибки взаимоисключающие (табл.2), вероятность отсутствия ошибки:

для первого процесса:

$$P_1 = 1 - (0,1 \cdot 0,1 + 0,1 \cdot 0,8) = 0,91;$$

для второго процесса:

$$P_2 = 1 - (0,1 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 0,6) = 0,91;$$

для третьего процесса:

$$P_3 = 1 - (0,2 \cdot 0,6 + 0,2 \cdot 0,5) = 0,78.$$

Вероятность отсутствия отрицательного последствия:
для первого процесса

$$Q_1 = P_1^2 = 0,91^2 = 0,83;$$

для второго процесса

$$Q_2 = P_2^2 = 0,91^2 = 0,83;$$

для третьего процесса

$$Q_3 = P_3^2 = 0,78^2 = 0,61.$$

Общая вероятность отрицательного последствия хотя бы одного процесса:

$$Q_{2общ} = 1 - (1 - 0,83 \cdot 0,83 \cdot 0,61) = 0,42.$$

Приведенная методика весьма удобна для практического применения по малооперационным процессам и работам или фиксированным событиям.

Например, процессы "выемка угля с помощью угольного комбайна", "передвижка конвейера" и т.п. удобно принимать для учёта без разделения их на операции. В приведенных же примерах (табл.1 и 2) преднамеренно взяты многооперационные процессы с тем, чтобы показать возможность их анализа с разделением на операции. В самом деле, такой процесс как "производство БВР в лаве" состоит из многих операций, из которых даже укрупнённо можно выделить многие десятки на один технологический цикл выемки. Например, непосредственно операция "бурение шпуров" по длине лавы количественно выражается числом 100, 150 и т.д., тогда как в целом рабочий процесс "производство буровзрывных работ" может быть принят за единицу на один технологический цикл.

Как же в условиях многооперационных процессов определить вероятность ошибки? Исходные данные можно получить по результатам хронометражных наблюдений на анализируемых рабочих местах или на рабочих местах, находящихся в аналогичных производственных условиях. Например, по данным специальных замеров установлено, что вследствие неоднородности пласта, его трещиноватости из 100 пробуренных шпуров 10 оказалось непреднамеренно более длинными, чем предусмотрено паспортом. Следовательно, вероятность такой ошибки составляет 0,1 (10 : 100) на один технологический цикл выемки. Аналогично, путём специальных наблюдений, определяется вероятность последствия ошибки. Например, из 10-и циклов в 6-и случаях при вероятности ошибки равной 0,1 забой лавы оказался искривлённым. Тогда вероятность последствия ошибки S составит $6 : 10 = 0,6$.

Поскольку любой процесс работы практически поддаётся формализации, то это даёт возможность широкого применения ПЭВМ для учёта и контроля качества её выполнения с заданной периодичностью (ежемесячно, подекадно, еженедельно и ежесменно).

Так как не все ошибки в выполнении работ могут приводить к каким-либо серьёзным последствиям, то для управления качеством труда и материальной заинтересованности коллективов (бригад) в результатах своей работы величины $Q_{общ}$ следует нормировать и закрепить в стандартах предприятий. При фактической величине $Q_{общ}^{факт}$ менее нормативной, коллектив (бригаду, звено) следует премировать с применением одной из существующих систем материального стимулирования, а если она оказывается более нормативной – снижать фонд оплаты труда или же полностью браковать выполненный объём работ с обязательным их исправлением.

Выводы:

- предложена новая методика контроля за качеством выполнения работ и технологических процессов, учитывающая специфику подземных горных работ, сложность и высокую стоимость метрологического обеспечения контроля, осуществляемого известными статистическими методами;

- методика применима для решения обширного класса управленческих задач, связанных с повышением эффективности функционирования предприятий горнодобывающего комплекса и их технологических звеньев.

Библиографический список

1. Рахутин Г.С. *Управление на угольных предприятиях качеством труда, процессов и продукции* / Г.С.Рахутин, С.Ц.Голод. – М.: Недра, 1983. – 240 с.

2. Авербух Б.А. *Оценка качества технологического процесса* / Б.А.Авербух // *Стандарты и качество*. – 1982. – № 10. – С. 30-31.

3. Коуден Д. *Статистические методы контроля качества* / Д.Коуден. – М.: Гос. изд-во физ.-матем. литературы, 1961. – 623 с.

4. Сакато Сиро. *Практическое руководство по управлению качеством* / Сакато Сиро. – М.: Машиностроение, 1980. – 215 с.

5. Харрингтон Дж. *Управление качеством в американских корпорациях* / Харрингтон Дж. – М.: Экономика, 1990. – 272 с.

6. Крулькевич М.И. *Оптимизация оперативного управления угольной шахтой* / М.И.Крулькевич, К.Ф.Сапицкий. – М.: Недра, 1978. – 231 с.