Магеря Л.Ф., к.э.н., доц.
logunovasyu@nk.nornik.ru

Методика оценки финансовых затрат на осуществление контрольных мероприятий по обеспечению непрерывности технологических процессов предприятий горно-металлургического комплекса

В статье приводится методика оценки финансовых затрат на контрольные мероприятия, проводимые на предприятиях с целью поддержания непрерывности осуществления технологических процессов. Метод основан на использовании экономико-математических моделей, учитывающих параметры надежности работы исполнителей.

Социологические исследования на предприятиях горно-металлургического комплекса ОАО «ГМК «Норильский никель» подтвердило известное положение о необходимости учета работоспособности исполнителей, имеющих потенциальную возможность случайных отказов [1]. Кроме констатации состояния исполнителей контроль предопределяет изменение структуры затрат в момент фиксации отказа или завершения восстановления работника. На коллективном уровне контроль случайных отказов дополнительно обеспечивает непрерывность технологических процессов, которые могут быть состоятельны только в условиях соответствующей комплектации структурных звеньев предприятия. Таким образом, контроль является составляющей надежности и восстановления в подсистеме «исполнителей» предприятия, описание которого целесообразно осуществить на основе совместимых экономико-математических моделей.

Необходимо отметить, что контрольные функции на предприятии принимаются при моделировании как рутинное мероприятие, имеющее развитую систему методов, средств и нормативно-правовой документации на всех уровнях структуры управления персоналом. Следовательно, совершенствование системы контроля рационально в связи с внедрением способов формализованного управления персоналом, основанном на экономико-математическом моделировании надежности подсистемы «исполнители».

Исходные предпосылки моделирования состоят в следующих констатациях.

1. Начало производства работ контролируемой смены происходит в момент времени $t = 0$. Процедура контроля вызывает затраты – $Z_к$, формально изменяющиеся в пределах $0 \le Z_к \le \infty$.
2. База данных по персоналу содержит сведения о вероятности безотказной работы исполнителей (p -фактор), наработки между отказами T_o, интенсивности потока отказов $p(t)$, [2].
3. Вновь принятый персонал, не имея сведений по наработке, характеризуется непараметрической надежностью.
4. Моделируется пассивный контроль рутинного порядка по линии отдела кадров и его активная форма в производственных звеньях, связанная с ис-

пользованием резерва исполнителей на время их восстановления.

5. Стратегия контроля предполагает выполнение проверок периодически с интервалом времени $\Delta t = t(n+1) - t(n)$, n = 0; 1; ... N, где N – представляет собой номер проверки за время числа смен работы равном $n \cdot t$.

Следует отметить, что цеховой контроль имеет более продолжительные периоды наблюдения, которые при непрерывном технологическом цикле производства работ могут быть постоянно действующими. Различие в системе контроля работоспособности и восстановления исполнителей предопределяет дифференцированный подход к формированию экономико-математических моделей, которые рассмотрены в двух модификациях, изложенных ниже.

1. Контроль при ординарном функционировании подсистемы «исполнители».

Анализ учетной документации показывает, что в группе параметров надежности работы исполнителей наработка между отказами T близка к экспоненциальному распределению в качестве индивидуальной характеристики и равномерной, применительно к коллективу. Аксиоматически принимается малая продолжительность периода контроля (t) по сравнению с наработкой и периодом функционирования предприятия. Формируемая модель предполагается постоянно действующей, но применительно к исполнителям с наработкой T ниже средней, периодика контроля сокращается прежде всего по линии отдела кадров. Обоснованный порядок контроля способствует сокращению затрат по надзору, усиливая критерий оценки работоспособности работников. В общем виде затраты определяются соотношением:

$$Z(t) = [Z_к + П(t)] / F(t) \qquad (1)$$

где $Z_к$ – затраты на контроль за отчетный период (смена, неделя, месяц и т.п.), руб; $F(t)$ – функция распределения наработки; $П(t)$ – потери предприятия в результате индивидуального или коллективного отказов. Применительно к модели индивидуального контроля установлено соотношение

$$F(t) = 1 - \exp(-t / T_o), \qquad (2)$$

где T_o – средняя индивидуальная наработка между отказами, ч. Функцию потерь в первом приближении считаем линейной $П(t) = Z_o \cdot t$, где Z_o – удельная величина индивидуальных затрат за период (0; t) до момента обнаружения отказа исполнителя, руб/см.

Условию оптимизации периода контроля удовлетворяет уравнение потерь, полученное из общего соотношения (1) с учетом функции (2), которое состоит в определении первой производной с последующей оценкой аргумента, обеспечивающего ее нулевое значение. Возможно аналитическое решение, в результате которого получена формула в относительной форме

$$t = T^* / T_o = \sqrt{2 \cdot Z_к / П(t) \cdot T_o}\,. \qquad (3)$$

Оптимальному периоду контроля соответствуют затраты:

$$Z(t^*) = П(t^*) + Z_к\,. \qquad (4)$$

В порядке предварительных оценок используем обычный в практике интервал контроля t = 8ч при средней наработке $T_о$ = 3000ч. Соотношение этих величин, в качестве индивидуальной характеристики, определяет оптимальные

затраты на контроль близкими к 0,2% от потенциальных потерь при отказе, эквивалентном производительности труда исполнителя. При указанных соотношениях t/T_o и минимальной по фиксированным данным наработке T_o = 200 ч затраты на контроль могут быть удвоены. Аналогичные оценки производятся в расчете на коллективные показатели. В частности, контроль работоспособности исполнителей на металлургических заводах допускает затраты до 1% выработки смены [3]. Таким образом формально подтверждается целесообразность контроля рабочих, имеющих ограниченные значения наработок между случайными отказами.

2. Контроль работоспособности исполнителей после восстановления

В условиях цеховой организации труда контроль работоспособности происходит при выдаче задания с последующим надзором за выполнением этапов. Цеховые структуры осуществляют и регуляцию процессов восстановления в связи с необходимостью использования резерва. Контроль и восстановление необходимы при наличии ограниченных ресурсов, обеспечивая непрерывность функционирования дееспособной части коллектива. Является установленной цикличность восстановления, которая должна быть оптимизирована с учетом затрат на регенерацию работоспособности. Общие расходы на периоде восстановления (t) определяет соотношение

$$Z(t) = Z_к + Z_в(t), \qquad (5)$$

где $Zв(t)$ – затраты на восстановление, руб. В общем балансе расходов должно выполняться условие

$$[Z_к + Z_в(t)] / T < П(t). \qquad (6)$$

Данное ограничение определяет тот факт, что потери простоя и расходы на контроль при интервале восстановления должны быть больше затрат на организацию замены исполнителя. Функция затрат приводится к общему виду следующим соотношением:

$$Z(t) = [h(t) \cdot П(t) + \bar{h}(t) \cdot Z_в(t) + Z_к]/t, \qquad (7)$$

где $\bar{h}(t)$, $h(t)$– вероятности отказа и безотказной работы исполнителя; (t) – период контроля, ч. Индивидуальные характеристики, при пуассоновском распределении отказов, отражает следующее уравнение:

$$Z(t) = Zk/t + [1 - T_o \cdot (1 - \exp(-t/T_o)/t)] \cdot П(t) + (1 - \exp(-t/T_o) \cdot Z_в(t))/t, \qquad (8)$$

где T_o – наработка между отказами, ч. После дифференцирования функции затрат получено трансцендентное уравнение, корень которого (9) соответствует оптимальным значениям (T_o) периода контроля.

Решением данного уравнения находятся значения оптимального периода, используя численные методы. Приближенные оценки могут быть получены расчетами по формуле

$$T_{оп} = \sqrt{2 \cdot (Z_к(t) + Z_в(t)/T \cdot П(t))} \qquad (9)$$

применительно к расчету периодичности контроля исполнителя работ. Результаты расчетов представлены на графике рис. 1.

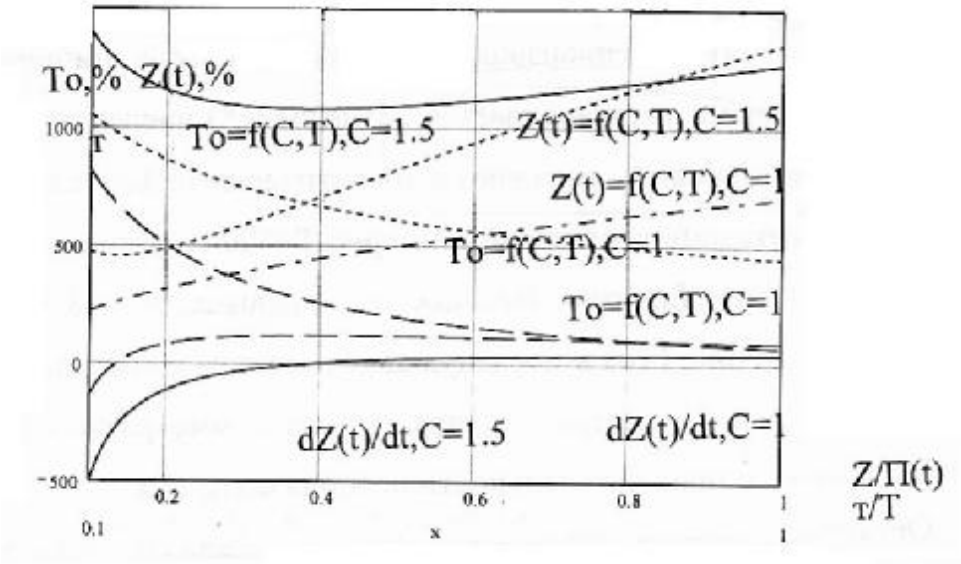

Рис.1 График зависимости периода контроля *To* и затрат *Z(t)* от величины относительных расходов $C = (Z_к + Z_в) / П(t)$ и наработки *T*

Здесь следует отметить в качестве основного график изменения оптимального периода контроля безотказной работе исполнителя (кривые $T_o = f\ (T,C))$ при соотношении $C = 1$, т.е. при равенстве затрат на содержания исполнителя к потерям простоя и расходах на контроль порядка 1%. Изменения наработки (t = 0–230 смен), эквивалентные одному году занятости, приняты в качестве параметра уравнения (3). Аналогичные тенденции отражает график ($T_o = f\ (T;\ C = 1)$) для персонала, занятого при наличии случайных отказов с последующим восстановлением при наличии ограничений на затраты. Представленное семейство кривых устанавливает постоянное сокращение, примерно на порядок, периодичности контроля (*To*) при увеличении наработки между отказами исполнителя и постоянных затратах на его содержание. Изменчивость периодичности составляет от 3 до 4.

Следующая характеристика (кривая $T_o = –f(C;\ T = 1)$, иллюстрирует специфику изменения T_o при вариации соотношения затрат к потерям *П(t)* и постоянном периоде $t\ /\ T = 1$. Здесь также отмечается монотонный рост T_o по мере увеличения затрат на контроль и восстановление.

Дополнительно на графике представлена динамика изменения функции затрат *Z(t)* и ее производной *dZ(t)/dt* при вариации периода контроля, которыми устанавливается оптимум (t*) численными методами. Эти значения t* совпадают с аналитическими T_o, если наработка между отказами составляет примерно T = 800 ч и затраты по отношению к потерям производительности не превышают 0,38. Общие сведения о величине (T_o) в последующих расчетах применимы для оценки интенсивности затрат, эквивалентных сумме расходов при соответствующей продолжительности периода контроля.

Организация контроля при использовании рабочих связана с ограничениями на финансирование. В общем виде подобная задача формируется следующим образом. Оптимизируя период наблюдения посредством принятия управленческих решений, вводится в рассматриваемую модель ограничение

функции затрат Z_o на восстановление и контроль. С учетом лимита Z_o получена модификация уравнения (9), приведенного к виду

$$T^* = t/T = \sqrt{Z_в + Z_к / (Z_o - Z_к - Z_в) \cdot T} \qquad (10)$$

Применительно к данному решению следует отметить, что в процессе контролируемого восстановления персонала возможна переадресация расходов $Z_в$ на иные статьи сметы затрат. В этом случае существуют оптимизационные решения и, принимая $Z_в = 0$, имеем функцию лимита индивидуальных затрат, график которой приведен на рис. 1

$$Z_o(T^*) = [(Z_к + П(t) \cdot T^*)/(1 - \exp(-T^*/T)) + (T^* - T_в) \cdot П(t)], \qquad (11)$$

где T – наработка между отказами, см; $T_в$ – время восстановления, см; $П(t)$ – потери простоя.

Уравнение (11) устанавливает косвенное влияние лимита затрат на оптимизацию контроля, которое проявляется в сокращении интервала проверок при необходимости иметь минимум ресурса $Z_o(T_o)$. Если сопоставить при адекватных условиях величины (T^* = 92 смен) и (T_o = 30 смен), то первая окажется более протяженной в зависимости от фиксируемого минимума лимита затрат и, следовательно, с меньшей частотой проверок исполнителя, имеющего случайные отказы. В системе управления подсистемой «исполнители» устанавливаются приоритеты методов оценки оптимального периода контроля в соответствии с которыми и применяются уравнения (8 и 11).

Рассмотренные решения задач оптимизации контроля приводятся к обобщенному алгоритму, состоящему из следующих процедур.

1. Определение персональных и коллективных значений вероятностей отказа $h(t)$ и наработки T.
2. Вычисление оптимального периода $T_в$.
3. Выбор модели контроля.
4. Вычисления персональных T_o и коллективных интервалов проверок $T_{оп}$, включая соответствующие затраты $Z(T_o)$; $Z(T_{оп})$.
5. Если реализовано соотношение $Z(T_{оп}) > Z(T_o)$, то принимается положительное решение по конкретному индивидууму.
6. Если $Z(T_{оп}) < Z(T_o)$, то формируется необходимость дополнительных характеристик исполнителей для решения об индивидуальной ротации.

Список литературы

1. Владимиров В.Н., Носов С.В., Магеря Л.Ф. Методика определения надежности водителя на перевозках горной массы. // Горный журнал. Известия ВУЗов. 1992. – №5. С. 67-72.
2. Магеря Л.Ф., Владимиров В.Н., Лихтерман С.С. Технико-экономический анализ использования горно-добывающих машин и оборудования рудника «Медвежий Ручей» НГМК // Экономическая политика горных предприятий в условиях перехода к рынку. Сб. научных трудов / МГИ. 1991. С.78-83.
3. Магеря Л.Ф. Моделирование надежности и экономической эффективности работы кадровой подсистемы предприятия. // Экономика и финансы. 2003. – №29 (51). С. 37-40.