

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ СВЯЗИ

Г. Г. ДЕРЖО, В. В. ФИЛЕНКОВ, М. Л. БАТИН

Омский государственный университет путей сообщения

Теория и практика процессов эксплуатации систем различного назначения выдвигает на первый план требование обеспечения их безопасности и безотказности. Состояние теории безопасности ответственных технологических и перевозочного процессов на транспорте требует уточнения в части терминологии, выбора и введения новых научно обоснованных критериев количественной оценки безопасности, выбора и обоснования методов их моделирования. Модели количественной оценки безопасности позволяют получать наиболее полные и достоверные сведения о внутренней безопасности как эксплуатируемых в настоящее время, так и вновь внедряемых систем связи. Возможность достоверной количественной оценки вклада систем связи в безопасность перевозочного процесса имеет важное значение, так как позволит по данным оценок предъявлять требования к системам связи, их надежности и конфигурации, ресурсу, видам, режимам и методам технического обслуживания и аппаратуре диагностирования.

Известны методы оценки безопасности движения поездов по данным статистики. Недостаток такой оценки – трудности при сборе исходных данных, особенно для новых систем. Позднее предложена оценка безопасности при помощи комплексного показателя – коэффициента безопасности (K_B). Такая методика дает только точечную оценку. В данной работе рассматриваются математические модели, выполненные на основе теории марковских и полумарковских процессов. Они предназначены для количественной оценки безопасности и решения главного вопроса технического обслуживания систем – определения сроков назначения работ по ТО, поэтому выбор показателей сделан с позиций, удовлетворяющих этим задачам. Выбирая критерии количественной оценки безопасности и технического обслуживания, необходимо помнить, что следующим этапом работы будет очень важный этап постановки задачи в формализованном виде. При выполнении работ этого этапа неизбежна декомпозиция выбранного критерия до уровней, на которых параметры могут быть определены из эксперимента, по другим, более простым математическим моделям, экспертным путем или какими-то другими методами. Процесс декомпозиции критерия оптимизации и связанной с ним целевой функции протекает значительно проще, если на этапе его выбора предусмотрена возможность получения количественных характеристик отдельных подпроцессов, взаимосвязанных с критерием общего процесса эксплуатации системы, (например, количественная оценка внутренней безопасности отдельных технологических процессов) иначе говоря, предусмотрена возможность декомпозиции критерия.

Преимущество следует отдать комплексным количественным показателям надежности и безопасности – коэффициентам готовности (K_G), технического использования ($K_{ТИ}$) и безопасности (K_B). Анализируя зависимость $K_{ТИ}$ от времени, приходим к выводу, что его количественное значение зависит от средней наработки на отказ, среднего времени восстановления, технического обслуживания и представляет собой точечную оценку. Исследуемые процессы протекают на определенных интервалах времени и поэтому для их характеристики удобнее использовать не коэффициент технического использования, а функционал технического использования, представляя его в виде

$$K_{ТИ}(T) = \frac{T_{0ик}(T)}{T_{0нк}(T) + T_{вк}(T) + T_{ток}(T)}, \quad (1)$$

где $T_{0ик}(T)$ – функционал истинного времени исправной работы системы по k -му техническому параметру при достоверной системе контроля при $k = \overline{1, L}$; L – число технических параметров, по которым обслуживается система; $T_{0нк}(T)$, $T_{вк}(T)$, $T_{ток}(T)$ – функционалы наблюдаемого времени нахождения системы по k -му техническому параметру в состояниях исправной работы, восстановления и техобслуживания, соответственно; $T = f[\lambda_{в}(t), \lambda_{п}(t), \alpha, \beta, T(^{\circ}C), K_H]$ – время цикла между ТО; приведенные в квадратных скобках аргументы – интенсивности внезапных и постепенных отказов, ошибки диагностирования первого и второго рода, температура окружающей среды и коэф-

фициенты, учитывающие режимы работы элементов аппаратуры, соответственно. Зависимость $K_{\text{ТИ}}(T)$ имеет экстремальный характер. Проекция точки экстремума (макс $K_{\text{ТИ}}(T)$) на ось времени (T) позволяет определить оптимальную периодичность ТО – $T_{\text{ОПТ}}$, но функционал $K_{\text{ТИ}}(T)$ не удовлетворяет требованию комплексности. Иначе обстоит дело с $K_{\text{Г}}$. Количественное значение допустимой величины $K_{\text{Г.ДОП}}$ задается. Следовательно, при решении задач ТО систем одним из заданных параметров будем считать значение $K_{\text{Г.ДОП}}$. Аналогично (1) введем понятие функционала готовности

$$K_{\text{Г}}(T) = \frac{T_{\text{ОИ.к}}(T)}{T_{\text{ОН.к}}(T) + T_{\text{В.к}}(T)} \quad (2)$$

По условиям эксплуатации систем $K_{\text{Г.ДОП}} = K_{\text{Г.ДОП}}(T)$. Зависимость $K_{\text{Г}}(T)$ является гладкой убывающей функцией времени между ТО. При $T \rightarrow 0$, $K_{\text{Г}}(T) \rightarrow 1$, а при $T \rightarrow \infty$, $K_{\text{Г}}(T) \rightarrow 0$. Следовательно, $K_{\text{Г}}(T)$ нельзя использовать в качестве единственного критерия процесса ТО, но возможно его применение как критерия при определении $T_{\text{ДОП}}$. Таким образом, доказана необходимость применения двух критериев процессов контроля и ТО систем связи: функционала технического использования – для определения $T_{\text{ОПТ}}$ и функционала готовности – для определения $T_{\text{ДОП}}$, а вместе они позволяют определить границы рационального времени между проверками ($T_{\text{РАЦ}}$) по условию:

$$T_{\text{ОПТ}} \leq T_{\text{РАЦ}} \leq T_{\text{ДОП}} \quad (3)$$

Аналогично обстоит дело и с количественными показателями безопасности. Накопленный опытом данной работы Опыт применения математического моделирования позволил предложить вместо $K_{\text{Б}}$ двойной критерий: функционал безопасности

$$K_{\text{Б}}(T) = \frac{T_{\text{ОИ.к}}(T) + T_{\text{З.И.к}}(T)}{T_{\text{ОН.к}}(T) + T_{\text{З.Н.к}}(T) + T_{\text{В.к}}(T)}, \quad (4)$$

обеспечивающий определение допустимого значения $K_{\text{Б}}(T)$, и функционал безопасного технического использования аппаратуры

$$K_{\text{Б.ТИ}}(T) = \frac{T_{\text{ОИ.к}}(T) + T_{\text{З.И.к}}(T)}{T_{\text{ОН.к}}(T) + T_{\text{З.Н.к}}(T) + T_{\text{В.к}}(T) + T_{\text{ТО.к}}(T)}, \quad (5)$$

позволяющий определять значение оптимального времени между ТО аппаратуры (с учетом её внутренней безопасности) в точке максимума $K_{\text{Б.ТИ}}(T)$. Здесь $T_{\text{ОИ.к}}(T)$, $T_{\text{З.Н.к}}(T)$ – функционалы истинного и наблюдаемого времени пребывания системы связи в защитном состоянии по k -му техническому параметру; $T = f[\lambda_{\text{ОП}}(t), \lambda_{\text{З}}(t), \alpha, \beta, T(^{\circ}\text{C}), K_{\text{Н}}]$, где $\lambda_{\text{ОП}}(t)$, $\lambda_{\text{З}}(t)$ – интенсивности опасных и защитных отказов.

Моделирование зависимостей функционалов надежности ($K_{\text{Г}}(T)$, $K_{\text{ТИ}}(T)$) и безопасности ($K_{\text{Б}}(T)$, $K_{\text{Б.ТИ}}(T)$) по k -му техническому параметру при одинаковых параметрах безотказности показывает, что оптимальное значение периодичности ТО, определенное в точке максимума при макс $K_{\text{ТИ}}(T)$, меньше оптимального значения, определенного в точке максимума $K_{\text{Б.ТИ}}(T)$. При этом значение $K_{\text{ТИ}}(T)$ при любом T меньше $K_{\text{Б.ТИ}}(T)$. Это свидетельствует о том, что не каждый отказ в системе является опасным. Изменение параметров безотказности, например, за счет введения резерва, уменьшающего вероятность опасных отказов отдельных типов элементов, улучшает показатели безопасности, но не всегда приводит к улучшению показателей безотказности.