

УДК 621.391.1

АНАЛИЗ МОДЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СВЯЗИ

Габдуллин Рустем Бахытович

студент кафедры «Средства связи и информационная безопасность»

Федеральный государственный бюджетный образовательное учреждение высшего
образования «Омский государственный технический университет».

Аннотация. Рассмотрен граф состояний оборудования связи, а также переходы оборудования из одного состояния в другое. Произведен ряд расчетов для исследуемого графа состояний. Приведены графики зависимостей таких параметров, как коэффициент готовности и коэффициент технического использования рассматриваемой системы, от времени.

Ключевые слова: вероятность, состояние, время, модель, функция.

MODEL OF OPERATION AND MAINTENANCE OF COMMUNICATION PRODUCTS

Gabdullin Rustem Bakhytovich

student of the Department "Communications and information security" of the Federal State
Educational Institution of Higher Education "Omsk State Technical University".

Abstract. The graph of communication equipment States is considered, as well as equipment transitions from one state to another. A number of calculations were made for the state graph under study. Graphs of dependencies of such parameters as the availability coefficient and the coefficient of technical use of the system under consideration on time are given.

Keywords: probability, state, time, model, function.

Оборудование связи в ходе эксплуатации может быть следующих состояниях: S_0 – исправное состояние; S_1 – состояние разрегулировки; S_2 – состояние опасного отказа; S_{TO} – состояние технического обслуживания (ТО) исправной системы; S_{1TO} – состояние ТО разрегулированной системы [1].

Граф состояний системы представлен на рисунке 1.

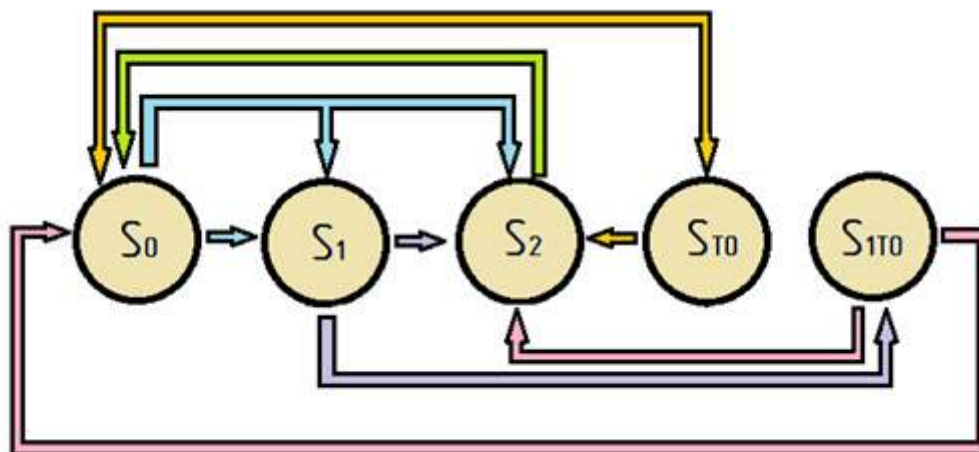


Рисунок 1. Граф состояний модели

В момент времени $[t = 0]$ исправная система включается в работу - это значит, что оборудование находится в состоянии S_0 . Через интервалы времени T производят проверку системы и осуществляют ТО. Если система проработает случайное время $[\tau < T]$ и откажет, то с вероятностью $F_{02}(T)$ она перейдет в состояние отказа S_2 . В состоянии S_2 систему ремонтируют и с вероятностью, равной 1, она возвращается в состояние S_0 .

Если система исправно проработала время, равное T , то с вероятностью $[1-F_{02}(T)] \times [1-F_{01}(T)]$ она перейдет в состояние $S_{ТО}$, в котором пробудет время, за которое произведут ее проверку t_p . Во время ТО в системе может произойти отказ, вызванный действиями обслуживающего персонала, и тогда она с вероятностью $F_{02}(T)$ перейдет в состояние S_2 . Если во время ТО отказа не возникло, то система с вероятностью $[1-F_{ТО}(t_p)]$ перейдет в состояние S_0 .

За время работы в системе может произойти разрегулировка, которая заключается в отклонении одного или нескольких параметров от своего номинального значения [2]. В этом случае система с условной вероятностью $[1-F_{02}(T)] \times F_{01}(T)$ перейдет в состояние S_1 . В состоянии разрегулировки в системе может произойти отказ, тогда она с вероятностью $F_{12}(T)$ перейдет в состояние S_2 . Если в разрегулированной системе не произойдет отказа, то через время, равное T , она перейдет в состояние $S_{1ТО}$. в состоянии $S_{1ТО}$ систему проверяют за время t_p и регулируют в течение времени t_r . Во время проведения ТО разрегулированной системы действия обслуживающего персонала могут вызвать отказ системы, и тогда она с вероятностью $F_{ТО}(t_p)$ перейдет в состояние S_2 . Если отказа не произошло, то с вероятностью $[1-F_{ТО}(t_p)]$ система перейдет в состояние S_0 . При возвращении системы в состояние S_0 цикл эксплуатации повторяется.

Примем следующие исходные данные:

- Интенсивность разрегулировок: $\lambda_{01} = 5 \cdot 10^{-5}$ (1/ч);
- Интенсивность опасных отказов: $\lambda_{02} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ (1/ч);
- Интенсивность постепенных отказов: $\lambda_{12} = 0,2 \cdot 10^{-5}$ (1/ч);
- Время аварийного ремонта: $t_a = 30$ (ч);
- Время поиска неисправности: $t_s = 45$ (ч);
- Время проверки: $t_p = 40$ (ч);
- Время регулировки: $t_r = 50$ (ч);
- Вероятность перехода изделия в состояние S_2 : $F_{to}(t_p) = 0,6$.

На рисунке 2 представлена проделанная расчетная работа в среде «MathCAD», а на рисунке 3 представлены результаты расчетов, т.е. графики зависимостей коэффициент готовности и коэффициент технического использования рассматриваемой системы от времени.

$$\begin{aligned}
 T_{me} &:= 0.1, 100 \dots 150000 \\
 \lambda_{01} &:= 5 \cdot 10^{-5} \quad \lambda_{02} := 2.5 \cdot 10^{-5} \quad \lambda_{12} := 0.2 \cdot 10^{-5} \\
 t_a &:= 30 \quad t_s := 45 \quad t_r := 50 \quad t_p := 40 \\
 Fro(tp) &:= 0.6 \\
 F_{01}(T) &:= 1 - e^{-\lambda_{01} \cdot T} \\
 F_{02}(T) &:= 1 - e^{-\lambda_{02} \cdot T} \\
 F_{12}(T) &:= 1 - e^{-\lambda_{12} \cdot T} \\
 pi_0(T) &:= [2 + (1 - F_{02}(T)) \cdot F_{01}(T) + Fro(tp) \cdot (1 - F_{02}(T)) \cdot (1 - F_{12}(T) \cdot F_{01}(T))]^{-1} \\
 pi_1(T) &:= \frac{[(1 - F_{02}(T)) \cdot F_{01}(T)]}{[2 + (1 - F_{02}(T)) \cdot F_{01}(T) + Fro(tp) \cdot (1 - F_{02}(T)) \cdot (1 - F_{12}(T) \cdot F_{01}(T))]} \\
 pi_2(T) &:= \frac{[F_{02}(T) + (1 - F_{02}(T)) \cdot F_{12}(T) \cdot F_{01}(T) + Fro(tp) \cdot (1 - F_{02}(T)) \cdot (1 - F_{12}(T) \cdot F_{01}(T))]}{[2 + (1 - F_{02}(T)) \cdot F_{01}(T) + Fro(tp) \cdot (1 - F_{02}(T)) \cdot (1 - F_{12}(T) \cdot F_{01}(T))]} \\
 pi_{ro}(T) &:= \frac{[(1 - F_{02}(T)) \cdot (1 - F_{01}(T))]}{[2 + (1 - F_{02}(T)) \cdot F_{01}(T) + Fro(tp) \cdot (1 - F_{02}(T)) \cdot (1 - F_{12}(T) \cdot F_{01}(T))]} \\
 pi_{lro}(T) &:= \frac{[(1 - F_{12}(T)) \cdot (1 - F_{02}(T)) \cdot F_{01}(T)]}{[2 + (1 - F_{02}(T)) \cdot F_{01}(T) + Fro(tp) \cdot (1 - F_{02}(T)) \cdot (1 - F_{12}(T) \cdot F_{01}(T))]} \\
 \omega_0(T) &:= \int_0^T [(1 - F_{02}(\tau)) \cdot (1 - F_{01}(\tau))] d\tau \\
 \omega_1(T) &:= \int_0^T (1 - F_{12}(\tau)) d\tau \\
 \nu_0(T) &:= \omega_0(T) \\
 \nu_1(T) &:= \int_0^T (1 - F_{12}(\tau)) d\tau \\
 \nu_2(T) &:= t_a + t_s + t_p \\
 \nu_{TO}(T) &:= \int_0^{t_p} (1 - Fro(\tau)) d\tau \\
 \nu_{lTO}(T) &:= \int_0^{t_p + t_r} (1 - Fro(\tau)) d\tau \\
 K_T(T) &:= \frac{pi_0(T) \cdot \omega_0(T) + pi_1(T) \cdot \omega_1(T)}{pi_0(T) \cdot \nu_0(T) + pi_1(T) \cdot \nu_1(T) + pi_2(T) \cdot \nu_2(T)} \\
 K_{ro}(T) &:= \frac{pi_0(T) \cdot \omega_0(T) + pi_1(T) \cdot \omega_1(T)}{pi_0(T) \cdot \nu_0(T) + pi_1(T) \cdot \nu_1(T) + pi_2(T) \cdot \nu_2(T) + pi_{ro}(T) \cdot \nu_{TO}(T) + pi_{lro}(T) \cdot \nu_{lTO}(T)} \\
 P(T) &:= \begin{bmatrix} 0 & (1 - F_{02}(T)) \cdot F_{01}(T) & F_{02}(T) & (1 - F_{01}(T)) \cdot (1 - F_{02}(T)) & 0 \\ 0 & 0 & F_{12}(T) & 0 & 1 - F_{12}(T) \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 - Fro(tp) & 0 & Fro(tp) & 0 & 0 \\ 1 - Fro(tp) & 0 & Fro(tp) & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 pi(T) &:= (pi_0(T) \quad pi_1(T) \quad pi_2(T) \quad pi_{ro}(T) \quad pi_{lro}(T))
 \end{aligned}$$

Рисунок 2. Алгоритм расчетов для исследуемого графа состояний в среде «MathCAD»

На рисунке 2: T - интервал времени, $F_{01}(T)$ - функция распределения времени перехода системы из исправного состояния в состояние разрегулировки; $F_{02}(T)$ - функция распределения времени перехода из исправного состояния в опасный отказ; $F_{12}(T)$ - функция распределения времени перехода из состояния разрегулировки в опасный отказ; $pi_0(T)$, $pi_1(T)$, $pi_2(T)$, $pi_{ro}(T)$, $pi_{lro}(T)$ - финальные вероятности нахождения в состояниях S_0 , S_1 , S_2 , S_{TO} ,

S_{1TO} соответственно; $\omega_0(T)$, $\omega_1(T)$ - истинное время нахождения в состоянии S_0 и состоянии S_1 соответственно; $v_0(T)$, $v_1(T)$, $v_{TO}(T)$, $v_{1TO}(T)$ - наблюдаемое время нахождения в состояниях S_0 , S_1 , S_{TO} , S_{1TO} соответственно; $K_r(T)$ - коэффициент готовности, $K_{т.и.}(T)$ - коэффициент технического использования; P - матрица переходных вероятностей системы; $pi(T)$ - матрица-строка финальных вероятностей.

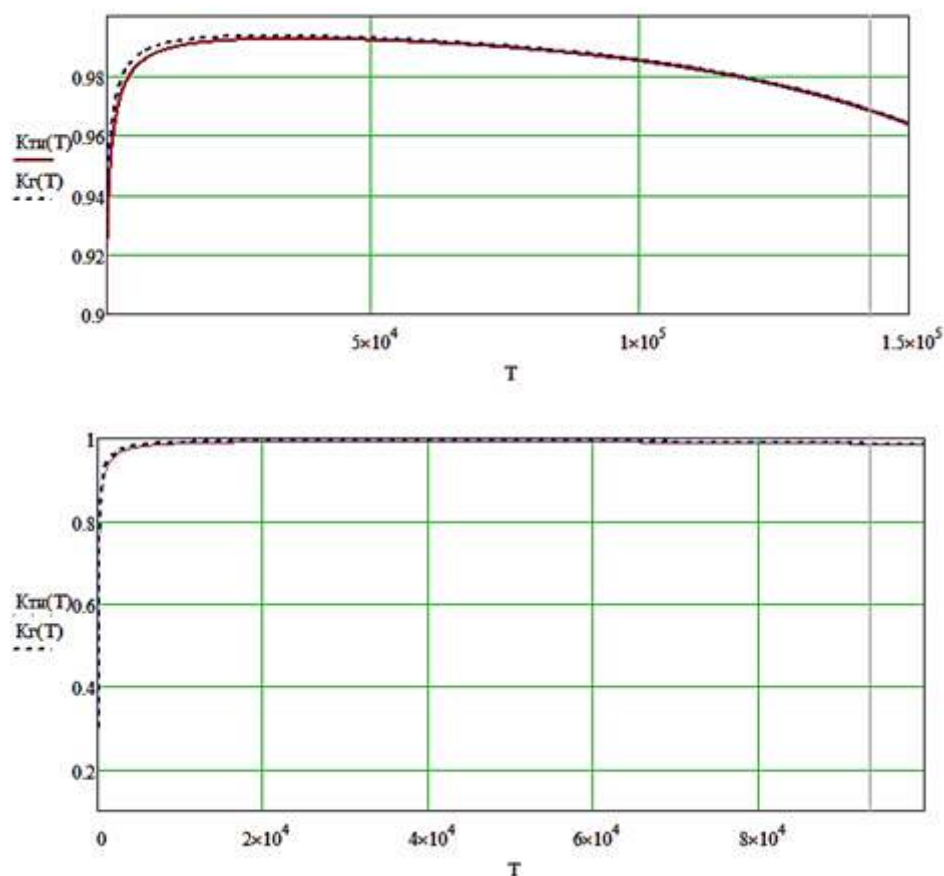


Рисунок 3. Графики зависимостей коэффициента готовности и коэффициента технического использования рассматриваемой системы от времени

Ошибки диагностирования в модели не учитываются, поэтому истинное и наблюдаемое время нахождения в состояниях S_0 и S_1 будут равны. Отличие истинного и наблюдаемого времени заключается в том, что истинное время описывает только работоспособные безопасные состояния [3].

Итак, с помощью данной модели эксплуатации и технического обслуживания оборудования связи, варьируя ряд параметров, можно производить оценку таких показателей, как коэффициент готовности и коэффициент технического использования системы. Построенные графики, в свою очередь, позволяют установить рекомендуемые сроки проведения профилактических работ с целью повышения эксплуатации изделия. Применение выполненной модели возможно на этапах разработки и проектирования изделий

радиосвязи для обеспечения высоких показателей надежности и эффективности.

Список литературы:

1. Любченко А.А., Копытов Е.Ю., Богданов А.А. Автоматизированный анализ надежности и качества технического обслуживания оборудования связи с помощью современных средств моделирования // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2019. Том 13. №5. - С. 13-20
2. Ефименко М.С., Закирова А.Р., Лутченко С.С. Определение вероятностей нахождения в состояниях телекоммуникационной системы // Материалы международной научно-практической конференции ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов промышленности и связи, посвященной Дню радио. - Изд.: Образование-информ, Омск, 2015. - С. 224-228
3. Копытов Е.Ю., Любченко А.А. Количественный анализ ошибок диагностирования в моделях технического обслуживания радиоэлектронной аппаратуры // Омский научный вестник. 2012. №107. – Изд.: Омский государственный технический университет, Омск, 2015. - С. 313-317