

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ  
СООБЩЕНИЯ»**

Одобрена на заседании кафедры  
«Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь»

Протокол № \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Горелик  
(подпись, Ф.И.О.)

**Кафедра:** «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь»

(название кафедры)

**Авторы:** Ермакова О.П., к.т.н., доц.

(ф.и.о., ученая степень, ученое звание)

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ №2  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Безопасность технологических процессов и технических средств на  
железнодорожном транспорте »**

---

(название дисциплины)

**Направление/специальность: 190901.65. Системы обеспечения движения  
поездов**

(код, наименование специальности /направления)

**Профиль/специализация: «Автоматика и телемеханика (СА)»,  
«Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта  
(СТ)», «Электроснабжение железных дорог (СЭ)»**

**Квалификация (степень) выпускника: специалист**

**Форма обучения: заочная**

Москва 2015 г.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Цель контрольной работы - закрепить знания, полученные студентами, при изучении дисциплины.

Прежде чем приступать к выполнению контрольной работы студент должен тщательно проработать материал соответствующих разделов курса.

Контрольная работа выполняется на листах формата А4. На титульном листе должны быть указаны наименование дисциплины, данные студента и его учебный шифр. Вариант исходных данных контрольной работы выбирается по двум последним цифрам учебного шифра. В контрольной работе должны быть приведены исходные данные, схемы и формулы, поясняющие ход решения, графики, а также сделаны выводы.

Проверенная и допущенная к защите контрольная работа предъявляется преподавателю на защите. Без защиты контрольной работы студент не допускается к сдаче экзамена.

### ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

Для повышения безопасности микропроцессорных СЖАТ, вводится контроль исправности вычислительных каналов, который осуществляется непрерывно в процессе рабочего функционирования в течение некоторого периода диагностирования. Достоверность контроля исправности равна 1, контроль осуществляется в конце периода диагностирования. Методом подбора определить период диагностирования  $\tau_D$ , чтобы вероятность опасного отказа уменьшилась в 2 раза.

Интенсивность отказов микропроцессорной системы  $\lambda \cdot 10^{-6}$ , 1/ч определяется по последней цифре шифра студента.

Время работы системы  $t \cdot 10^3$ , ч определяется по предпоследней цифре шифра студента.

Структура микропроцессорной системы выбирается по сумме двух последних цифр шифра студента. Если сумма - четное число, используется система «2 ∨ 2». Если сумма – нечетное число, используется система «2 ∨ 3».

Применение систем с постоянным резервированием дает наибольший выигрыш надежности и безопасности в области малых значений  $\lambda t$ . С течением времени эффект от резервирования существенно падает. Интенсивность отказов возрастает и стремится в пределе к интенсивности отказов нерезервированной системы.

Эффективным средством повышения безопасности в этом случае является организация периодического контроля исправности элементов.

Контроль исправности вычислительных каналов может осуществляться непрерывно во времени в процессе рабочего функционирования в течение некоторого периода диагностирования  $\tau_D$  или дискретно периодически через время  $\tau_D$  за специально отведенный для этого достаточно малый промежуток времени, когда осуществляется тестовое диагностирование аппаратуры.

Будем считать в дальнейшем, что достоверность контроля исправности равна 1 и контроль осуществляется в конце периода диагностирования  $\tau_d$ .

Если в результате процедуры контроля системы установлен факт неисправности хотя бы одного канала системы, то она больше не используется по назначению. Ее выходы отключаются от объектов управления, и система переходит в необратимое защитное состояние.

Введем понятие среднего интегрального значения интенсивности опасного отказа для систем с периодическим контролем  $\lambda_{\text{опср}}$ .

Для систем «2 ∨ 2» и «2 ∨ 3» имеем:

$$\lambda_{\text{опср}2\vee2} = \frac{1}{\tau_d} \int_0^{\tau_d} 2\lambda^2 t dt = \lambda^2 \tau_d, \quad (1)$$

$$\lambda_{\text{опср}2\vee3} = \frac{1}{\tau_d} \int_0^{\tau_d} 6\lambda^2 t dt = 3\lambda^2 \tau_d. \quad (2)$$

Пусть надо рассчитать величину  $Q_{\text{оп}}(t)$  для системы «2 ∨ 2» с периодическим контролем за время  $t = n\tau_d$ . Обозначим:  $p(n\tau_d)$  – вероятность безотказной работы системы «2 ∨ 2» за время  $n\tau_d$ ;  $q_{\text{оп}}(\Delta\tau_d)$  – вероятность опасного отказа системы «2 ∨ 2» за время периода диагностирования  $\Delta\tau_d$  при условии, что в начале периода система была исправна.

Опасный отказ может произойти в результате возникновения следующих событий:

1. Система имела опасный отказ в интервале времени  $(0, \tau_d)$ .  
Вероятность этого события

$$R_1 = q_{\text{оп}}(\Delta\tau_d).$$

2. Система работала безотказно в интервале времени  $(0, \tau_d)$  и имела опасный отказ в интервале времени  $(\tau_d, 2\tau_d)$ . Вероятность этого события

$$R_2 = p(\tau_d) \cdot q_{\text{оп}}(\Delta\tau_d).$$

3. Система работала безотказно в интервале времени  $(0, 2\tau_d)$  и имела опасный отказ в интервале времени  $(2\tau_d, 3\tau_d)$ . Вероятность этого события

$$R_3 = p(2\tau_d) \cdot q_{\text{оп}}(\Delta\tau_d);$$

Система работала безотказно в интервале времени  $(0, (n-1) \cdot \tau_d)$  и имела опасный отказ в интервале времени  $((n-1) \cdot \tau_d, n \cdot \tau_d)$ . Вероятность этого события

$$R_n = p((n-1)\tau_d) \cdot q_{\text{оп}}(\Delta\tau_d).$$

Так как события  $R_1, R_2, \dots, R_n$  являются несовместными, то

$$Q_{\text{оп}}(t) = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = q_{\text{оп}}(\Delta\tau_d) \{1 + p(\tau_d) + p(2\tau_d) + \dots + p(n-1)\tau_d\}$$

Так как  $p(n\tau_d) = e^{-2\lambda n\tau_d}$ ,  $q_{\text{оп}}(\Delta\tau_d) = (\lambda\tau_d)^2$ , получим

$$Q_{\text{оп}2\vee2}(t) = (\lambda\tau_{\text{д}})^2 \left[ 1 + e^{-\lambda\tau_{\text{д}}} + e^{-2\lambda\tau_{\text{д}}} + e^{-4\lambda\tau_{\text{д}}} + e^{-6\lambda\tau_{\text{д}}} + \dots + e^{-2(n-1)\lambda\tau_{\text{д}}} \right]$$

Для мажоритарной системы «2 ∨ 3» с периодическим контролем справедлива формула

$$q_{\text{оп}}(\Delta\tau_{\text{д}}) = 1 - 3e^{-2\lambda\tau_{\text{д}}} + 2e^{-3\lambda\tau_{\text{д}}}.$$

Величина  $p(n\tau_{\text{д}})$  в данном случае есть вероятность того, что за время  $t = n\tau_{\text{д}}$  безотказно работали все три канала С1, С2 и С3 мажоритарной системы. Этот факт контролируется в конце каждого периода диагностирования. Поэтому

$$p(n\tau_{\text{д}}) = e^{-3\lambda n\tau_{\text{д}}}$$

Учитывая это получим

$$Q_{\text{оп}}(t) = (1 - 3e^{-2\lambda\tau_{\text{д}}} + 2e^{-3\lambda\tau_{\text{д}}}) \cdot [1 + e^{-3\lambda\tau_{\text{д}}} + e^{-6\lambda\tau_{\text{д}}} + e^{-9\lambda\tau_{\text{д}}} + \dots + e^{-3(n-1)\lambda\tau_{\text{д}}}]$$

Будем считать, что за время периода диагностирования  $\tau_{\text{д}}$  невозможен отказ всех трех каналов системы «2 ∨ 3». Тогда опасный отказ возникает при отказе двух каналов в результате возникновения одного из трех событий: отказ С1 и С2; отказ С1 и С3; отказ С2 и С3. Вероятность каждого из событий равна  $(\lambda\tau_{\text{д}})^2$ . Поэтому

$$q_{\text{оп}}(\Delta\tau_{\text{д}}) \cong (\lambda\tau_{\text{д}})^2.$$

Тогда получим

$$\begin{aligned} Q_{\text{оп}2\vee3}(t) &= 3(\lambda\tau_{\text{д}})^2 [1 + (1 - 3\lambda\tau_{\text{д}}) + (1 - 6\lambda\tau_{\text{д}}) + (1 - 9\lambda\tau_{\text{д}}) + \dots + (1 - 3(n-1)\lambda\tau_{\text{д}}) = \\ &= 3n(\lambda\tau_{\text{д}})^2 - 3[1 + 2 + 3 + \dots + (n-1)](\lambda\tau_{\text{д}})^3 = 3n(\lambda\tau_{\text{д}})^2 - \frac{3n(n-1)}{2}(\lambda\tau_{\text{д}})^3 \end{aligned}$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Шаманов В.И. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта./Под ред. Вл.В. Сапожникова. - М.: Маршрут, 2003.-263 с.
2. 1. Шалягин Д.В., Шубинский И.Б. Надежность и безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика, связь и информатика. 2005. №2. С. 23...26.
3. Шалягин Д.В., Коннова Т.В. Безопасные микропроцессорные системы с функциональным резервированием // Автоматика, телемеханика и связь. 1995. №8. С. 23...25.