

УДК 625.25-52

Д. Н. ШЕВЧЕНКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ ТИПОВЫХ ПОДСИСТЕМ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МПЦ

Рассмотрены показатели безотказности типовых блоков ТУ8Б и ТС16Б исполнительного уровня отечественных микропроцессорных централизаций (МПЦ). На основе данных об эксплуатации получены статистические оценки интенсивности отказов блоков, которые более чем в 30 раз меньше имеющихся теоретических оценок, полученных для ряда дополнительных допущений. Использование уточненных статистических оценок более обосновано и не приводит к искусственному занижению уровня безотказности МПЦ.

В 2007 году на станции Ипуть Белорусской железной дороги была внедрена в опытную эксплуатацию первая белорусская микропроцессорная централизация (МПЦ) стрелок и сигналов «Ипуть».

МПЦ «Ипуть» имеет трехуровневую структуру. Подсистема задающего уровня МПЦ позволяет посредством компьютерных АРМ управлять перевозочным процессом. Подсистема управляющего уровня включает в себя два двухканальных логических ядра, построенных на промышленных компьютерах по архитектуре «2 из 2». Логическое ядро обеспечивает безопасное выполнение всех станционных зависимостей, взаимосвязь с АРМ и устройствами сопряжения с объектами [1].

Подсистема исполнительного уровня включает в себя типовые блоки управления (ТУ8Б) и контроля (ТС16Б) состояния объектов. Данные блоки построены на микроэлектронной и микропроцессорной элементной базе и предназначены для управления и контроля состояний напольных объектов (стрелки, светофоры, рельсовые цепи и др.) посредством дополнительных релейных схем увязки. Блоки ТУ8Б и ТС16Б резервируются, подключаясь к двум различным каналам управляющего уровня МПЦ.

Блоки ТУ8Б и ТС16Б хорошо зарекомендовали себя. В настоящее время они в большом количестве применяются в МПЦ «Ипуть», а также в составе другой отечественной МПЦ «Днепр» на станциях Гатово, Корд, Шеметово и Придвинская (таблица 1). Перспективным видится использование данных безопасных блоков при внедрении отечественных МПЦ и на других железнодорожных станциях.

Таблица 1 – Сведения о суммарной наработке блоков ТУ8Б и ТС16Б по состоянию на 26.09.16

Станция	Дата ввода	Количество блоков		Наработка блоков, ч	
		ТУ8Б	ТС16Б	ТУ8Б	ТС16Б
Ипуть	22.06.08	28	28	1999200	1999200
Гатово	22.06.11	30	24	1364400	1091520
Корд	07.02.14	24	22	547200	501600
Шеметово	07.11.14	28	22	456960	359040
Придвинская	28.03.16	28	24	120288	103104
<i>Всего</i>		138	120	4488048	4054464

Показатели безотказности блоков ТУ8Б и ТС16Б определялись автором в 2008 году в ходе сертификационных испытаний МПЦ «Ипуть» на основе информации из справочников по безотказности радиоэлектронных компонентов [2, 3], которые разрабатывались министер-

ствами обороны Российской Федерации и США. Данные справочники на протяжении нескольких десятилетий являются стандартами де-факто для прогнозирования надежности электронных компонентов в военной и аэрокосмической отрасли, для систем железнодорожной автоматики и других систем критического применения. Реализуемые в указанных справочниках методики были апробированы и внедрены в ряде программных продуктов анализа надежности электронных систем.

Расчетные интенсивности отказов блоков ТУ8Б и ТС16Б приведены в таблице 2).

Таблица 2 – Прогнозные значения показателей безотказности блоков ТУ8Б и ТС16Б

Изделие	Интенсивность отказов, 1/ч	Средняя наработка до отказа, лет
Блок ТУ8Б	$6,253 \cdot 10^{-5}$	1,826
Блок ТС16Б	$1,872 \cdot 10^{-5}$	6,098

Однако данные методики являются достаточно устаревшими. Их последние редакции датируются 1991 и 2006 годами соответственно. Кроме того, многими экспертами данные методики признаются пессимистичными, завышающими оценку интенсивности отказов по сравнению с истинным значением.

Имеющийся многолетний опыт эксплуатации десятков блоков ТУ8Б и ТС16Б позволяет уточнить показатели их безотказности. Тем более, что на Белорусской железной дороге имел место отказ лишь одного блока ТУ8Б. Этот отказ произошел в процессе пусконаладочных работ на одной из станций, поэтому не вошел в итоговый годовой отчет службы сигнализации и связи. Однако в нашем исследовании будем его учитывать.

Классифицируем ситуацию статистического анализа безотказности блоков с целью обоснования выбора подходящей математической модели:

– в данном случае имеет место испытание всей совокупности блоков ТУ8Б и ТС16Б в нормальных условиях эксплуатации (стационарное размещение в отапливаемых кондиционируемых помещениях). Поэтому коэффициент, учитывающий «ускорение» испытаний, равен единице;

– испытания ограничены по суммарной продолжительности. Причем некоторые изделия эксплуатируются более 8 лет, а некоторые – менее года. Точная наработка до отказа отказавшего изделия не известна. Известна

лишь его принадлежность к МПЦ железнодорожной станции Гатово;

– изделия эксплуатируются непрерывно в течение всего срока службы. Изделия предполагаются неремонтируемыми. Отказавшие блоки заменяются новыми;

– предполагается, что поток отказов блоков является простейшим (т. е. стационарным, ординарным и без последствия). Следовательно, время безотказной работы блоков имеет экспоненциальное распределение;

– блоки, находящиеся в технологическом запасе станций и дистанций сигнализации и связи в расчет не принимаются. Их работоспособное состояние при хранении не контролируется.

По указанным критериям в соответствии с [4] в качестве модели оценки интенсивности отказов используется следующее выражение [5]:

$$\lambda_B = \frac{\chi_{1-\alpha}^2(2r+2)}{T^*}, \quad (1)$$

где λ_B – верхняя граница одностороннего доверительного интервала для интенсивности отказов;

$\chi_{1-\alpha}^2(2r+2)$ – квантиль распределения Хи-квадрат с $(2r+2)$ степенями свободы уровня $(1-\alpha)$;

$(1-\alpha)$ – доверительная вероятность [6];

r – количество отказов в процессе исследований;

T^* – суммарная наработка всех изделий с учетом коэффициентов ускорения.

Подобная методика оценки интенсивности отказов широко применяется производителями радиоэлектронных компонентов для доверительной вероятности 0,6 [6]. В нашем исследовании будем использовать доверительную вероятность 0,9, характерную для более пессимистичной оценки, завышающую интенсивность отказов λ_B почти вдвое.

Использование статистической модели безотказности (1) наглядно поясняется таблицей 3.

Таблица 3 – Результаты статистической оценки интенсивности отказов блоков

Показатель	Блок ТУ	Блок ТС
Суммарная наработка T^* , ч	4488048	4054464
Количество отказов блоков r	1	0
Число степеней свободы распределения Хи-квадрат	4	2
Доверительная вероятность $(1-\alpha)$	0,9	0,9
Квантиль распределения Хи-квадрат $\chi_{1-\alpha}^2(2r+2)$	7,7794	4,6052
Верхняя граница доверительного интервала для интенсивности отказов λ_B , 1/ч	8,67E-07	5,68E-07

Таким образом, с вероятностью 0,9 истинная интенсивность отказов блоков ТУ8Б не превышает $8,67 \cdot 10^{-7}$, а интенсивность отказов блоков ТС16Б не превышает $5,68 \cdot 10^{-7}$ 1/ч. Полученные значения могут использоваться в качестве оценок интенсивностей отказов данных блоков.

Получено 30.09.2016

D. N. Shevchenko. Statistical estimation of failure rate of standard subsystems of the executive level domestic MPC.

Indicators of reliability of standard blocks TU8B and TS16B microprocessor centralization (MPC) are considered. Statistical estimates the intensity of failures units derived from operational data. The results were significantly lower than the existing theoretical estimates obtained for the additional assumptions. Using a refined statistical estimates more than justified and does not lead to artificially low levels of reliability MPC.

Заключение. Отечественными системами МПЦ в настоящее время оборудованы лишь малые станции с небольшой эксплуатационной работой. При этом, блоки ТУ8Б обычно пребывают в режиме ожидания с малым коэффициентом электрической нагрузки. Поэтому деградационные процессы в блоках ТУ8Б, связанные с повышенным потреблением энергии (при работе подсистемы умножителей напряжения) сказываются незначительно, и полученная оценка интенсивности отказов может считаться несколько заниженной. Однако данная методическая погрешность с запасом компенсируется тем, что суммарная наработка блоков T^* не учитывает длительность пуско-наладочных работ и опытной эксплуатации, что завышает расчетную интенсивность отказов.

Использование полученных в работе оценок интенсивности отказов блоков ТУ8Б и ТС16Б на практике вполне обосновано тем, что они получены на априорно более адекватной модели безотказности; с использованием доверительной вероятности 0,9, существенно превышающей значение 0,6, рекомендованное для исследований безотказности радиоэлектронных изделий общего применения.

Полученные в работе значения интенсивности отказов блоков ТУ8Б и ТС16Б существенно ниже (в 72 и 32 раза соответственно), чем уже имеющиеся теоретические оценки. Последний факт позволяет констатировать более высокий (чем считалось ранее) уровень надежности отечественных МПЦ, что важно при сертификационных испытаниях, тендерах на внедрение; позволяет снизить требования к составу и количеству запасных блоков ТУ8Б и ТС16Б на станциях, времени их восстановления, а также (при необходимости) снизить требования к безотказности других подсистем МПЦ.

Список литературы

1 Анализ безотказности структур современных микропроцессорных централизаций / А. В. Логвиненко // Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте : сб. докладов Пятой международной научно-практической конференции «ТрансЖАТ-2010». – Ростов н/Д. – С. 246–253.

2 **Справочник** «MIL-HDBK-217F Reliability Prediction of Electronic Equipment». – Министерство обороны США, 1991. – 205 с.

3 **Справочник** «Надежность ЭРИ» – М. : М-во обороны РФ, 2006. – 614 с.

4 **ГОСТ Р 27.607-2013** Надежность в технике. Управление надежностью. Условия проведения испытаний на безотказность и статистические критерии и методы оценки их результатов.

5 **ГОСТ Р 50779.26-2007** (МЭК 60605-4:2001) Статистические методы. Точечные оценки, доверительные, предикционные и толерантные интервалы для экспоненциального распределения.

6 **ECSS-Q-HB-30-08A** (14 January 2011) Space product assurance. Components reliability data sources and their use.