

ристик процессора показали значительное увеличение выделяемой плотности теплового потока в сравнении с предыдущими версиями процессоров [11]. При площади процессора в 14 см<sup>2</sup> выделяемая тепловая мощность равна 91 Вт. В соответствии с планами «Intel» во втором полугодие 2017 г. ожидается выпуск процессора, основанный на 10 нм технологическом процессе. Учитывая устоявшееся соотношение вычислительной мощности на потребляемую, предполагается увеличение тепловыделения ожидаемого процессора. Это подтверждает актуальность проводимых исследований, направленных на разработку новых, высокоэффективных систем охлаждения микроэлектронных приборов.

В настоящее время в плане повышения надежности работы и стабильности выходных параметров электронных приборов, используемых в системах автоматики железнодорожного транспорта, большое внимание уделяется не только совершенствованию традиционных способов охлаждения, но и поиску новых технических решений, обеспечивающих отвод и эффективное рассеяние тепловой энергии при минимальных энергетических и масса-габаритных показателях устройств в целом. В этой связи актуальным направлением, требующим детального изучения, является разработка высокоэффективных систем стабилизации температуры для систем автоматики железнодорожного транспорта на основе тепловых трубок.

#### Список литературы

- 1 ГОСТ 27.002-2009. Надежность в технике. Термины и определения. – М. : Стандартинформ. – 2011.
- 2 **Жарких, А. П.** // Воронежский государственный технический университет, 2005. – 46 с.
- 3 **Шехмейстер, Е. И.** Технология производства электровакуумных и полупроводниковых приборов : учеб. пособие / Е. И. Шехмейстер. – М. : Высш. школа: 1992. – 368 с.
- 4 **Савенченко, В. П.** Методы и модели исследования остаточного ресурса изделий радиоэлектронной техники. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Фрязино, 1999 г.
- 5 **Алямовский, А. А.** Инженерные расчёты в Solidworks Simulation / А. А. Алямовский. – М. : ДМК-Пресс, 2010. – 235 с.
- 6 **Ткаченко, Ф. А.** Электронные приборы / Ф. А. Ткаченко. – М. : ИНФРА, 2011. – 160 с.
- 7 **Улитенко, А. И.** Система стабилизации температуры оболочек мощных электронных устройств / А. И. Улитенко, В. В. Прадед, В. А. Пушкин // ПТЭ. – 2003. – № 5. – С. 156–159.
- 8 Улитенко, А.И., Прадед В.В., Пушкин В.А. // Холодильная техника, 2003, № 11. – С. 14-16.
- 9 Улитенко А.И. // Электроника. Межвуз. сб. науч. трудов, Рязань, 2003. – С 15-16.
- 10 Обзор процессоров Intel Core 6-го поколения // <http://www.intel.ru/content/www/ru/ru/pc-upgrades/6th-gen-core-processor-family.html>.
- 11 Electronics-review. Система водяного охлаждения компьютера // <http://www.electronics-review.ru/sistema-vodyanogo-oxlazhdeniya-kompyutera>.
- 12 Пат. № 562, G06 1/20. Охлаждающее устройство на основе диэлектрической жидкости и тепловых труб / Аширбаев М.Х., Кулиев Н.А., Атаев А.М. // Государственная служба интеллектуальной собственности (Туркменистан). Заявлено 11.01.2013. Опубликовано 24.05.2013.
- 13 Пат. № 630, H05K 7/20, G06 1/20. Способ охлаждения микроэлектронных схем на основе испарения в вакуумных средах / Аширбаев М.Х., Кулиев Н.А., Атаев А.М. // Государственная служба интеллектуальной собственности (Туркменистан). Заявлено 04.03.2013. Опубликовано 12.02.2015.

УДК 338.47+656.256

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

*К. А. БОЧКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Д. В. КОМНАТНЫЙ*

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

К современным микропроцессорным и микроэлектронным системам обеспечения безопасности движения поездов, равно как и к системам управления ответственными технологическими процессами, предъявляются высокие требования по безопасности и электромагнитной совместимости (ЭМС). Поэтому усилия разработчиков и производителей направлены на удовлетворение этим требованиям. При этом производятся существенные затраты денежных средств. Современное состоя-

ние экономики таково, что необходимо всемерно снижать затраты, но разумеется не в ущерб техническим показателям, с целью получения выгод в конкурентной борьбе производителей. Для количественной оценки эффективности затрат на ЭМС необходима методика экономического анализа, которая до настоящего времени практически отсутствует. В докладе предлагается такая методика, основанная на результатах монографии А. Д. Фролова.

Для оценки эффективности мероприятий по обеспечению ЭМС может применяться частный показатель эффективности, зависящий от особенностей проектируемой системы как системы обеспечения безопасности. Его расчет осуществляется следующим образом.

Количественная оценка полезного выхода  $Y = NW$ , где  $Y$  – оценка, бит·Вт;  $N$  – число состояний энергии сигналов аппаратуры в одну секунду, бит;  $W$  – энергия выходных сигналов, Вт.

Число состояний энергии в 1 секунду

$$N = F \lg_2 \left( 1 + \frac{W_c}{W_n} \right), \quad (1)$$

где  $F$  – полоса частот аппаратуры, Гц;  $W_c$  – энергия сигнала, Вт;  $W_n$  – энергия помех, Вт.

Если энергия помех значительно больше энергии сигнала, то выражение в скобках практически равно 1, а логарифм равен нулю. Следовательно, соотношение (1) верно описывает воздействие помех.

На основании работ по оценке воздействия помех на микроэлектронную аппаратуру можно принять, что энергия полезного сигнала снижается с ростом энергии помех. Тогда для описания этого эффекта можно принять зависимость между энергиями в виде логистической кривой

$$W_c = \frac{W_{c,ном}}{0,5 + 05 \exp(bW_n)}, \quad (2)$$

где  $W_{c,ном}$  – номинальная энергия сигнала, Вт;  $b$  – расчетный коэффициент.

Из формулы (2) следует, что при малой энергии помех энергия сигнала равна номинальной, а при очень высокой энергии помех энергия сигнала равна практически нулю. Таким образом, формула (2) правильно отражает процесс воздействия помех.

За  $T$  часов эксплуатации оценка полезного выхода

$$Y = \left[ F \lg_2 \left( 1 + \frac{W_c}{W_n} \right) \right] \left[ \frac{W_{c,ном}}{0,5 + 05 \exp(bW_n)} \right] \cdot 3600T^2. \quad (3)$$

Суммарная наработка  $Y_\Sigma$  есть сумма оценок полезного выхода отдельных элементов аппаратуры. Тогда эффективность  $E$  может быть определена по формуле  $E = \frac{Y_\Sigma}{C}$ , где  $C$  – суммарные затраты на обеспечение ЭМС, ден. ед.

Предлагаемая методика анализа экономической эффективности адекватно отражает взаимосвязь в денежном выражении между затратами и уровнем ЭМС и может использоваться на практике.

УДК 004.021

## АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗОВ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОСТИ АДРЕСНЫХ ДАННЫХ

*К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, Б. В. СИВКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современные железнодорожные аппаратно-программные комплексы относятся к системам, критичным по безопасности (СКБ), и к ним предъявляются соответствующие требования. Для обеспечения надлежащего уровня безопасности во время проектирования задействуется комплекс методов и средств, в которые входит решение проблемы обнаружения аппаратных отказов, и это регламентируется стандартом ИЕС 61508. Часть работ во время проектирования и реализации может