

УДК 62.781

РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕРШИННОГО ИСХОДА ПРОЦЕССОРА AMD ATHLON 200GE ПРИ РАЗЛИЧНОМ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А. И. Кухта

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Разработан и апробирован алгоритм расчета вероятности поломки электронного устройства в зависимости от уровня теплового воздействия. Построена параметрическая модель «тепловое воздействие — восприимчивость», оценены значения вероятности поломки процессора. Эмпирическим путем определены температурные ограничения. Рассчитана надежность электронных компонентов с учетом среднего времени наработки на отказ для процессора AMD Athlon 200GE.

Ключевые слова: реализация вершинного исхода, тепловое воздействие на процессор, восприимчивость процессора, температурные ограничения, выход процессора из строя, среднее время наработки на отказ, надежность процессора.

IMPLEMENTATION OF THE VERTEX OUTCOME OF THE AMD ATHLON 200GE PROCESSOR WITH DIFFERENT THERMAL EFFECTS

A. I. Kухta

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

An algorithm for calculating the probability of failure of an electronic device depending on the level of heat exposure has been developed and tested. The parametric model "thermal impact — susceptibility" is constructed, the values of the probability of processor failure are estimated. Temperature limits are determined empirically. The reliability of electronic components is calculated taking into account the average time to failure for the AMD Athlon 200GE processor.

Keywords: vertex outcome implementation, thermal impact on processor, susceptibility of the processor, temperature limits, processor breakdown, average time to failure, reliability of the processor.

Введение. Вопросы расчета надежности электронно-вычислительной машины (ЭВМ) сохраняют актуальность, так как во многом определяют стабильность работы предприятий в различных отраслях промышленности. Микропроцессор — это элемент системы ЭВМ, функционирование которого в наибольшей степени зависит от температуры. Цель данной работы — реализация вершинного исхода (выход из строя) процессора при различном тепловом воздействии, а также определение надежности процессора с учетом среднего времени наработки на отказ.

Основная часть. Заявленные задачи решаются в три этапа.

1. Определение надежности процессора с учетом среднего времени наработки на отказ.
2. Эмпирическая оценка влияния температуры на процессор и фиксация температурных границ.
4. Выявление меры определенности вершинного исхода на основе параметрического критерия «воздействие больше восприимчивости».

На 1-м этапе находим среднее время наработки на отказ — MTBF (англ. mean time between failure) [1]. В качестве примера рассмотрим процессор AMD Athlon 200GE. Температура этого устройства зависит от:

— работы системы охлаждения;

- условий эксплуатации (напряжение, мощность и частота питания, производительность);
- воздействия окружающей среды (температура, влажность, электромагнитное излучение).

Согласно [2], MTBF процессора составляет 15 лет при температуре 25 °С (при этом гарантия производителя — 3 года). Однако MTBF системы охлаждения процессора — 50 тыс. часов при температуре 25 °С (5,7 лет). В случае выхода из строя системы охлаждения процессор сгорает. В связи с этим для практических расчетов показателей надежности процессора примем за единицу MTBF 50 тыс. часов (5,7 лет).

Вероятность безотказной работы процессора $P(tz)$ находим с учетом принятой модели надежности по [3]:

$$P(tz) = \exp(-tz \times \sum_{i=1}^n \Lambda_i), \quad (1)$$

где tz — заданное время; n — количество элементов в устройстве; Λ — параметр экспоненциального распределения i -го элемента, численно равный интенсивности отказов этого элемента.

Рассчитаем изменение надежности работы процессора с учетом времени по [3]

$$P(tz) = \exp(-1 / MTBF) \quad (2)$$

и построим график (рис. 1):

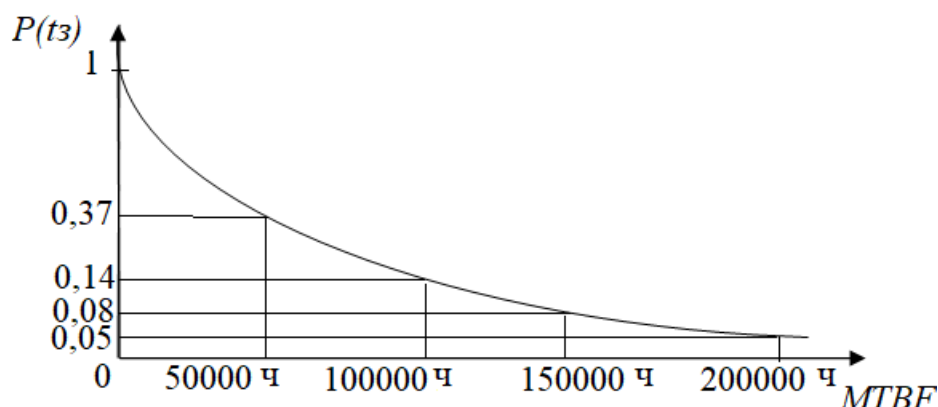


Рис. 1. График изменения надежности работы процессора с учетом времени [4]

Итак, через 50 тыс. ч (5,7 лет) надежность процессора будет составлять 37 %, а через 200 тыс. ч — 5 %. При расчете не учитывались:

- условия эксплуатации процессора (коэффициент эксплуатации равен 1, что соответствует требованиям производителя оборудования);
- воздействие окружающей среды (коэффициент равен 1, что соответствует лабораторным условиям) [3].

На 2-м этапе эмпирическим путем оцениваем влияние температуры на процессор. Изменяем частоту вращения вентилятора системы охлаждения и температуру процессора. В результате установлены следующие факты.

1. При работе процессора без нагрузки температура его нагрева равна 30 °С.
2. Оптимальный диапазон температур с учетом нагрузки: 56 °С–66 °С. Средняя температура — 60 °С.
3. Температура, при которой процессор AMD Athlon 200GE начинает работать на более низких частотах, — 80 °С.
4. Процессор сгорел при температуре 101 °С. При этом по техническим характеристикам максимальная допустимая температура процессора — 95 °С [5].

Критическая температура процессора — это устанавливаемое производителем пороговое значение, при достижении которого задействуются механизмы термозащиты. Это опасное состояние, которое может привести к необратимым последствиям [6].

На 3-м этапе устанавливаются меры определенности вершинного исхода на основе параметрического критерия «воздействие больше восприимчивости». Графики параметрической модели отношения вероятности воздействия s к восприимчивости r представлены на рис. 2.

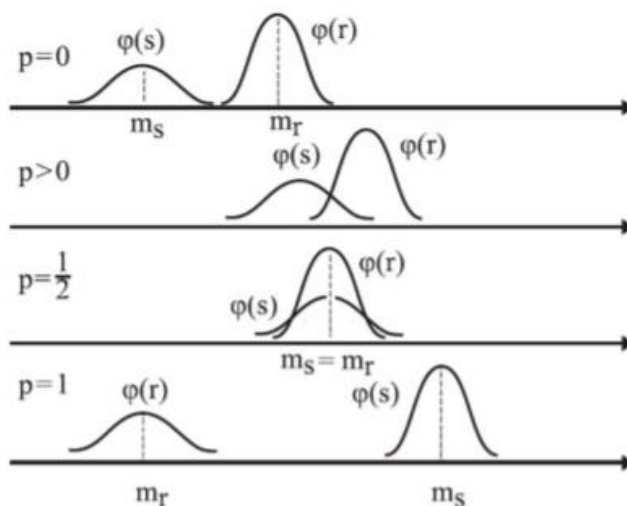


Рис. 2. Графики параметрической модели отношения вероятности воздействия s к восприимчивости r

Реализацию вершинного исхода оцениваем по условию превышения параметра или величины воздействия s над восприимчивостью r : ($s > r$). Для определения вероятности реализации условия ($s > r$) необходимо:

- построить вероятностную параметрическую модель «воздействие s — восприимчивость r » (рис. 3);
- использовать модель превышения воздействия над восприимчивостью [7].

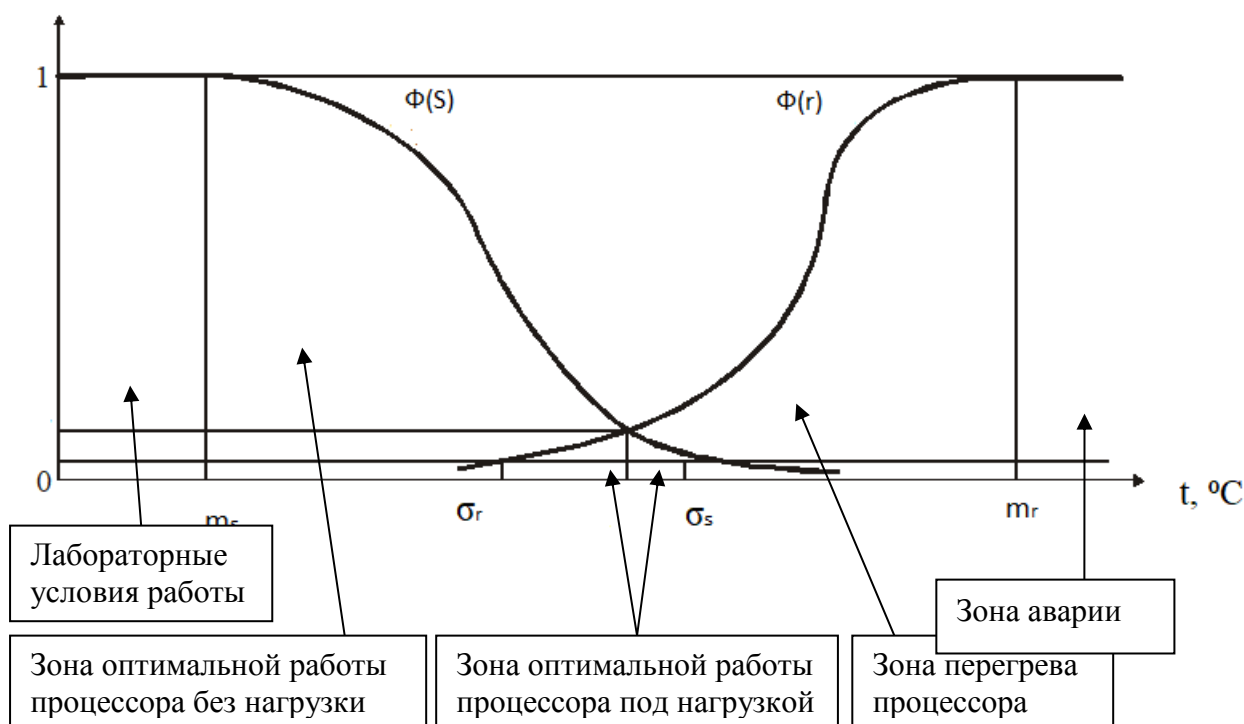


Рис. 3. Зоны параметрической модели воздействия и восприимчивости с учетом теплового воздействия

При создании вероятностной параметрической модели для расчета вершинного исхода параметры m_r , m_s , σ_r , σ_s выбраны в соответствии с температурой воздействия [6]. Для выбора характеристик m_r и σ_r используем данные, полученные эмпирическим путем на 2-м этапе.

Далее с учетом характеристик теплового воздействия m_s и σ_s на процессор AMD Athlon 200GE определяем зоны параметрической модели воздействия и восприимчивости (рис 4).

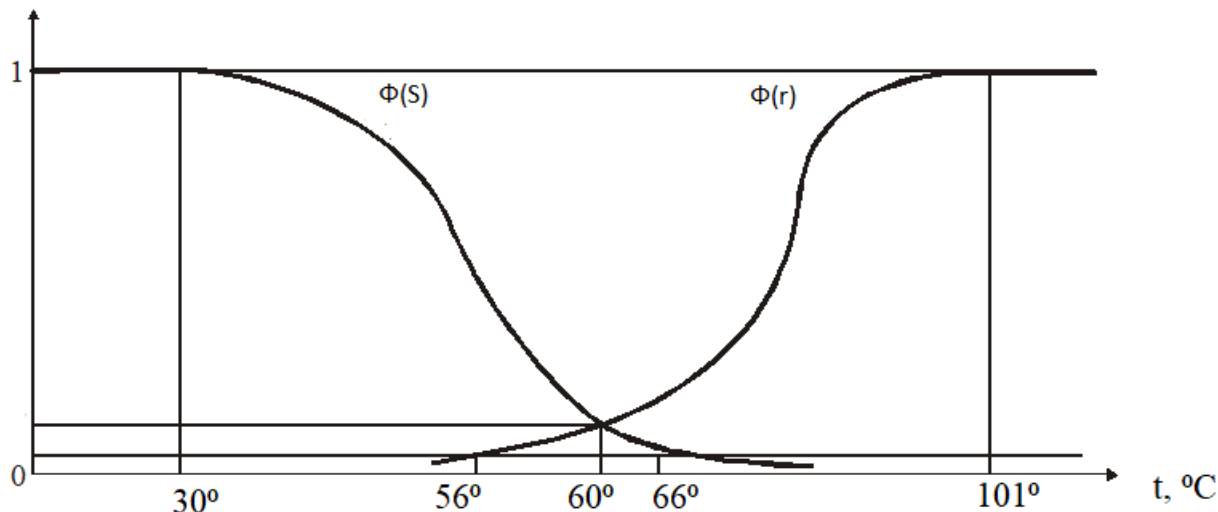


Рис. 4. Параметрическая модель воздействия и восприимчивости с учетом теплового воздействия на процессор AMD Athlon 200GE, полученная эмпирическим путем

Эмпирическим путем определили точку пересечения воздействия и восприимчивости, которая соответствует 60 °С.

Исходя из вышесказанного, найдем вероятность наступления вершинного исхода (аварии) при воздействии теплового излучения на процессор. На основании расчетных данных были построены представленные на рис. 5 и 6 вероятностные параметрические модели «воздействие s — восприимчивость r » для температур:

- 56 °С ($s < r$, средняя температура работы процессора под нагрузкой);
- 62 °С ($s > r$, выше средней температуры работы процессора под нагрузкой);
- 80 °С ($s > r$, процессор начинает работать на более низких частотах).

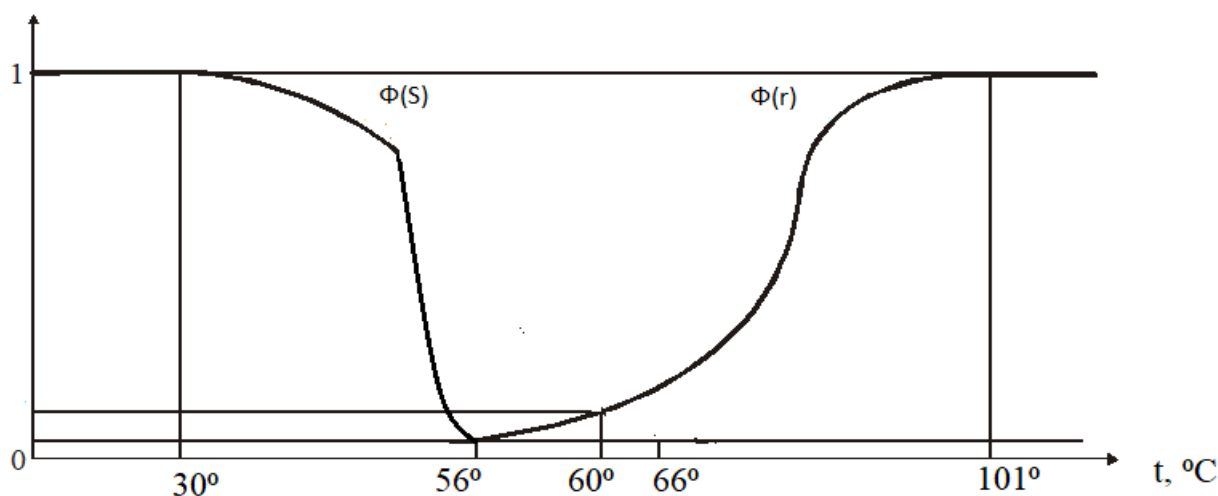


Рис. 5. Параметрическая модель «воздействие s — восприимчивость r » при 56 °С ($s < r$)

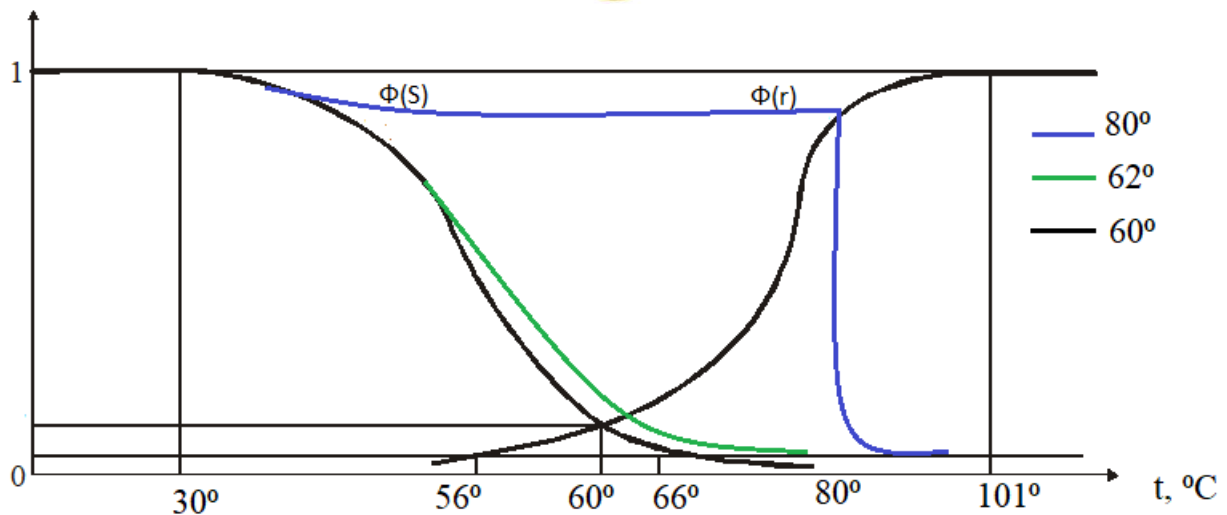


Рис. 6. Параметрическая модель «воздействие s — восприимчивость r » при 62 °С и 80 °С ($s > r$)

Рассмотрим параметрическую модель, представленную на рис. 7, и определим вероятность двух описанных ниже случаев [8].

1. Воздействие s меньше восприимчивости r : $\text{Pro}(s < r)$.
2. Воздействие s больше восприимчивости r : $\text{Pro}(s > r)$.

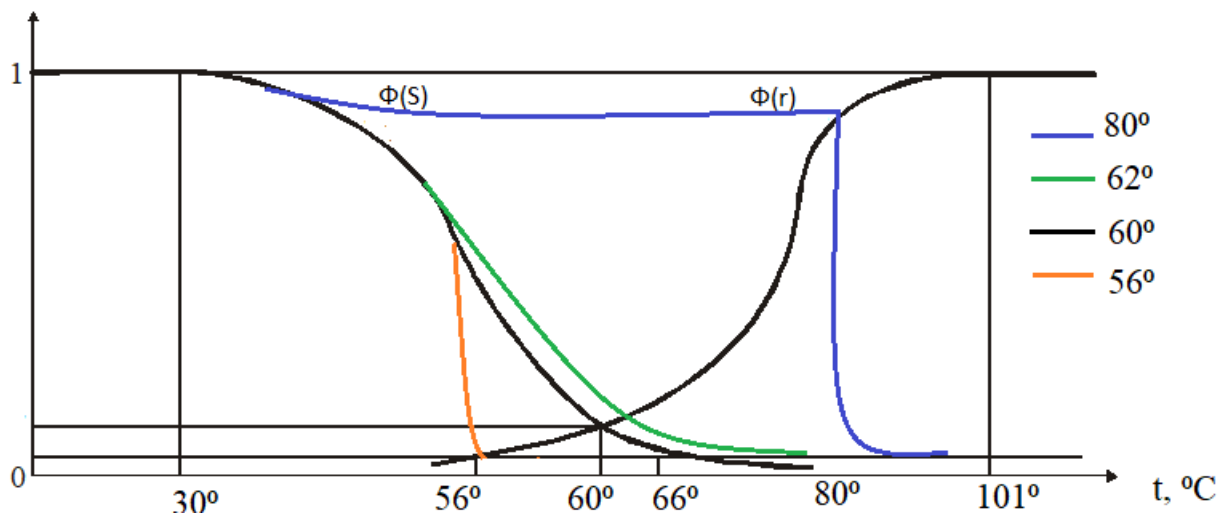


Рис. 7. Параметрическая модель «воздействие s — восприимчивость r » для процессора AMD при тепловом воздействии

1. Математическое ожидание случайного воздействия меньше математического ожидания случайной восприимчивости. Вероятность того, что воздействие s меньше восприимчивости r , определяется по формуле:

$$p1(u) = \text{Pro}(z > 0) = 0,5 - \Phi((mr - ms) / (\sigma^2 r + \sigma^2 s)^{1/2}) = 0,5 - \Phi(u), \quad (3)$$

где параметр $u = (mr - ms) / (\sigma^2 r + \sigma^2 s)^{1/2}$ представляет собой вероятностный приведенный параметрический запас безопасности — отношение разности математических ожиданий воздействия и восприимчивости к их суммарному среднеквадратическому отклонению [9].

Расчет вершинного исхода при температуре процессора 56 °С:

$$u = (mr - ms) / (\sigma^2 r + \sigma^2 s)^{1/2} = (101 - 30) / ((101 - 56)^2 + (57 - 30)^2)^{1/2} = 71 / (2025 + 729)^{1/2} = 71 / (2754)^{1/2} = 71 / 52,478 = 1,3529.$$

Определим вероятность через значение функции Лапласа:

$$\Phi(1,3529) = 0,4117.$$

Найдем вероятность реализации вершинного исхода при нагреве процессора до 56 °С.

$$p1(u) = \text{Pro}(z > 0) = 0,5 - \Phi(u) = 0,5 - 0,4117 = 0,0883.$$

2. Математическое ожидание случайного воздействия больше математического ожидания случайной восприимчивости. Вероятность того, что воздействие s больше восприимчивости r , определяется по формуле:

$$p2(u) = \text{Pro}(z > 0) = 0,5 + \Phi((ms - mr) / (\sigma^2 r + \sigma^2 s)^{1/2}) = 0,5 + \Phi(u). \quad (4)$$

Замена условия «меньше» на «больше» в выражениях сопровождается заменой знака [4]:

$$(ms - mr) / (\sigma^2 r + \sigma^2 s)^{1/2} = - (mr - ms) / (\sigma^2 r + \sigma^2 s)^{1/2} = -u.$$

Расчет вершинного исхода при температуре процессора 80 °С:

$$u = (mr - ms) / (\sigma^2 r + \sigma^2 s)^{1/2} = (101 - 30) / ((101 - 56)^2 + (82 - 30)^2)^{1/2} = 71 / (2025 + 2704)^{1/2} = 71 / (4749)^{1/2} = 71 / 68,91 = 1,03.$$

Определим вероятность через значение функции Лапласа:

$$\Phi(1,03) = 0,3485.$$

Найдем вероятность реализации вершинного исхода при нагреве процессора до 80 °С:

$$P2(u) = \text{Pro}(z > 0) = 0,5 + \Phi(u) = 0,5 + 0,3485 = 0,8485.$$

Таким образом, можно определить вероятности реализации вершинных исходов при тепловом воздействии на процессор AMD Athlon 200GE. В табл. 1 представлены результаты расчета значений вероятности реализации вершинного исхода $\text{Pro}(s > r)$ в функции от приведенного параметрического запаса безопасности u для различающихся вариантов соотношений математических ожиданий воздействия и восприимчивости: $(mr > ms)$ и $(ms > mr)$. Выше эти варианты обозначались цифрами 1 и 2.

Таблица 1

Результаты расчета значений вероятности реализации вершинного исхода

°С	u	$\Phi(u)$	$p(u) (mr > ms)$	$p(u) (ms > mr)$
56	0,9896	0,33646	0,9117	0,0883
80	1,037	0,35083	0,1515	0,8485

Выводы. В работе рассчитана надежность электронных компонентов с учетом среднего времени наработки на отказ. На примере процессора AMD Athlon 200 GE создан и апробирован алгоритм расчета вероятности поломки электронного устройства от различных уровней теплового воздействия. Данный алгоритм позволяет определить отказоустойчивость ЭВМ с целью своевременного резервирования деталей. Эмпирическим путем определены температурные ограничения для процессора AMD Athlon 200GE. Построена параметрическая модель «тепловое воздействие — восприимчивость процессора», оценены значения вероятности поломки процессора AMD Athlon 200GE.

Согласно заявленным производителем техническим характеристикам, значения среднего времени наработки на отказ процессора AMD Athlon 200GE выше, чем MTBF системы охлаждения ЭВМ. Однако процессор AMD Athlon 200GE является температурно зависимым устройством. При отсутствии системы охлаждения он сгорает, поэтому в работе учитывался показатель среднего времени наработки на отказ системы охлаждения.

Библиографический список

1. Пример расчета «коэффициента готовности» для IT-системы // Хабр : [сайт] / TechMedia. — URL: <https://habr.com/ru/post/418769> (дата обращения: 12.06.2020).

2. CPU Cooler // GlacialTech : [сайт] / GlacialTech Inc. — URL: <http://www.glacialtech.com/products> (дата обращения: 12.06.2020).
3. Боровиков, С. М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств / С. М. Боровиков, И. Н. Цирельчук, Ф. Д. Троян. — Минск : БГУИР, 2010. — С. 12–24.
4. Сорокин, С. Полемические заметки. Аппаратные средства / С. Сорокин // Современные технологии автоматизации. — 1998. — № 1. — С. 6–16.
5. Спецификации процессоров // AMD : [сайт] / Advanced Micro Devices Inc. — URL : <https://www.amd.com/ru/products/specifications/processors> (дата обращения: 12.06.2020).
6. Denker. Температура процессора должна быть... Как посмотреть температуру процессора / Denker // yoursputnik.ru : [сайт]. — URL : <https://yoursputnik.ru/temperature-processor/> (дата обращения: 12.06.2020).
7. Есипов, Ю. В. Мониторинг и оценка риска систем «защита — объект — среда» // Ю. В. Есипов, Ф. А. Самсонов, А. И. Черемисин. — 2-е изд. — Москва : ЛКИ — УРСС. — 2011. — 136 с.
8. Есипов, Ю. В. Разработка алгоритма расчета вероятностного показателя безопасности технической системы «защита — объект — среда» / Ю. В. Есипов, М. С. Джиляджи, Н. С. Маматченко // Безопасность техногенных и природных систем. — 2017. — № 1. — С. 76–89.
9. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике / А. Ф. Дьяков, Б. К. Максимов, Р. К. Кужекин [и др.]. — Москва : Энергоатомиздат, 2003. — 768 с.

Об авторе:

Алексей Игоревич Кухта, магистрант кафедры «Вычислительные системы и информационная безопасность» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), alexey-semenov82@mail.ru

Author:

Kukhta, Aleksey I., master's degree student of the Department of Computer Systems and Information Security, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), alexey-semenov82@mail.ru