

## **О ДИАГНОСТИКЕ РЕСУРСОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

*Обоснована необходимость диагностики технического и пожаробезопасного ресурсов вычислительной техники автоматизированных систем управления объектами повышенной опасности.*

*Ключевые слова: вычислительная техника, технические ресурсы*

*A.Yu. Lyubavsky*

## **ABOUT DIAGNOSTICS OF RESOURCES OF COMPUTER AIDS**

*Need of diagnostics of a technical and fireproof resource of the computer aids of the automated control systems for objects of the increased danger locates in article.*

*Key words: computer aids, technical resources.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 24 апреля 2015 г.

До настоящего времени технические ресурсы и гарантийный срок работы **вычислительной техники (ВТ)** определялись изготовителем расчётным путём на стадии постановки ВТ на производство [1-3], а наработка на отказ подтверждалась специальными испытаниями определённой выборки ВТ на надёжность (наработку на отказ и/или долговечность).

Однако используемые методы, испытательные приборы и стенды, в том числе ускоренные и форсированные, не могут обеспечить всего многообразия фактических эксплуатационных условий, в которые "попадает" ВТ на объектах автоматизации, в связи с чем все имеющиеся "паспортные данные" являются приближенными. Поэтому на объектах и в технологических процессах повышенной опасности применяется резервирование и профилактические "остановы" для ремонта или замены блоков и устройств, чтобы избежать аварий, взрывов и пожаров из-за "внезапного" отказа ВТ [3-5].

Однако и резервирование (холодное и горячее), и время для восстановительных ремонтов, и ремкомплекты для них выполняются только расчётным путём, а их достоверность "оценивается косвенно" (по статистике отказов). Крайне редко, как правило, при катастрофах (Чернобыль, Саяно-Шушенская ГЭС и т.д.), когда проводятся многочисленные экспертизы с отказавшими или с повреждёнными объектами, удаётся определить причины отказов и сравнить с показателями надёжности и безопасности.

Для получения более достоверной информации о надёжности и пожаробезопасном ресурсе электроприборов и ВТ, был разработан **вероятностно-физический метод (ВФМ)** стендовых испытаний электроприборов [5-7] и предложены **модули термоэлектронной защиты (МТЭЗ)**, позволяющие,

во-первых, более точно определить их технический ресурс, во-вторых, обнаружить пожароопасный отказ и отключить электроприбор до загорания в нём электрорадиоматериалов, в третьих, и это – главное, определить его пожаробезопасный ресурс, который при этом становится соизмеримым с техническим ресурсом электроприбора [8].

Однако распространения ВФМ не получил, очевидно, из-за "нетехнологичности и хрупкости" позисторных термозондов [9], а также сложности автоматизированного стендового оборудования с мощными для того времени вычислительными ресурсами.

В настоящее время вычислительные ресурсы ВТ различных *автоматизированных систем управления (АСУ)*, в частности на объектах повышенной опасности, таких как, атомные электростанции, нефтеперерабатывающие заводы и т.д., давно превзошли необходимые для указанного метода и быстродействие, и объём оперативной памяти, и возможности программного обеспечения, а вместо термоэлектронных зондов можно использовать ЧИПы, измеряющие температуру и потребляемую электроэнергию.

Следовательно, введение в каждое устройство ВТ "*микросхемного модуля термоэлектронизации*" (ММТЭЗ), данные с которого процессор, контроллер или микропроцессор устройства ВТ может передать на верхний уровень АСУ, является необходимым и достаточным условием реализации метода.

Как следует из описания ВФМ, определение "текущих" интенсивностей и вероятностей отказов *электрорадиоэлементов (ЭРЭ)* изделий осуществляется по модифицированному уравнению Аррениуса-Эйринга [5-7]:

$$\lambda = A(P, V, N, F) \frac{kT}{h} \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) \cdot \exp[f(H)], \quad (1)$$

где  $\lambda$  – текущая интенсивность отказа элемента, 1/ч;

$A = k_i \cdot \lambda_{xp}$  – произведение безразмерных коэффициентов ( $k_i$ , зависящих от давления, влажности, вибраций и т.д.) на интенсивность отказов при хранении ( $\lambda_{xp}$ ), 1/ч;

$k$  – постоянная Больцмана,  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/°К;

$T$  – температура элемента, °К;

$h$  – постоянная Планка,  $6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с;

$E_a$  – эффективная энергия активации отказа, Дж;

$f(H)$  – функция нетермической (энергетической) нагрузки.

Уравнение (1) имеет решение, если определены температуры внутреннего объёма изделия [ $T(t)$ ] и окружающего воздуха [ $T_{возд}(t)$ ], а также измерены потребляемая изделием энергии [ $E(t)$ ] при известных минимальных ( $\lambda_{min}$ ), номинальных ( $\lambda_{ном}$ ) и максимальных ( $\lambda_{max}$ ) значениях интенсивности отказов всех ЭРЭ.

Если указанные переменные определяются с использованием термо-электро-зондирования блоков и плат ( $[W_p(t)]$ ), то решением системы уравнений (2) теплового баланса и Навье-Стокса в прямой и обратной задачах тепловой локации являются все текущие коэффициенты энергетических нагрузок ЭРЭ  $[E_L(t)]$ :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + \text{Nu} \cdot \left( \frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} \right) - \text{Nu} \cdot \alpha \cdot V_x; \\ \frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} + \text{Nu} \cdot \left( \frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \right) - \text{Nu} \cdot \alpha \cdot V_y + \beta \nabla T; \\ \frac{\partial T}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial T}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial T}{\partial y} = \eta \cdot \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) - \frac{Q}{C\rho_0 D}; \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} = -\rho_0 \cdot \frac{\partial V}{\partial x} - \rho_0 \cdot \frac{\partial V}{\partial y}; \end{cases} \quad (2)$$

$$f(H) \approx E_L = (\beta \cdot S \cdot \sigma (T^4 - T_{\text{возд}}^4) + \alpha \cdot S (T - T_{\text{возд}})) / (W_L \cdot B_L \cdot P_L), \quad (3)$$

где  $\alpha, \beta, \rho, \eta$  – коэффициенты;

$\text{Nu}$  – число Нуссельта;

$C$  – теплоемкость;

$D$  – расстояние;

$\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана;

$S_u$  – площадь поверхности источника тепла (ЭРЭ);

$W_p$  – потребляемая источником тепла мощность (фактическая);

$T_{\text{возд}}$  – температура окружающего источник тепла воздуха/зонда;

$T$  – искомая/измеренная температура источника тепла (ЭРЭ, платы, стенки и т.д.);

$B_L$  – коэффициент энергетической нагрузки конструктива (блока, изделия);

$P_L$  – коэффициент энергетической нагрузки платы (модуля);

$W$  – номинальная (паспортная) потребляемая мощность;

$E_L$  – коэффициент энергетической нагрузки ЭРЭ (микросхемы, резистора и т.п.).

Знание функций энергетической нагрузки ЭРЭ –  $f(H)$  превращает  $\lambda_B$  функцию, у которой для любого ЭРЭ известны минимальное ( $\lambda_{\min}$ ), номинальное ( $\lambda_{\text{ном}}$ ), максимальное ( $\lambda_{\max}$ ) значения интенсивности отказов, а также интенсивность отказов при хранении ( $\lambda_{\text{хр}}$ ), что позволяет построить "аппроксимированное семейство"  $\lambda$ -кривых в плоскости, ограниченной кривыми  $\lambda_{\text{хр}}(T)$  и  $\lambda_{\max}(T)$ , а далее логарифмированием получить функцию эффективной энергии активации отказов каждого ЭРЭ –  $E_{ai}(H, T)$ .

Подставляя в уравнения Аррениуса-Эйринга текущие значения функций энергетических нагрузок каждого ЭРЭ, текущие значения температур их корпусов, текущие значения функций эффективной энергии активации отказа, им соответствующие, а также текущие значения параметров окружающей среды (давления, температуры и т.д.), получаем текущие интенсивности отказов ЭРЭ, то есть функции  $\lambda(H, T, P)$ , которые описываются  $\gamma$ -распределениями [7].

С использованием термозондирования тепловых потоков от ЭРЭ позисторными датчиками [9] и определения потребляемой электроэнергии с применением прецизионных шунтов [7] удалось устранить ограничения, возникающие при решении уравнения (1) в двумерном приближении Обербека-Буссинеска в "прямой и обратной задачах" тепловой локации элементов, чтобы получить значения функции нетермической нагрузки  $f(H)$ .

Измеритель потребляемой энергии и температуры внутри корпуса ВТ был синтезирован в виде модуля (рис. 1).

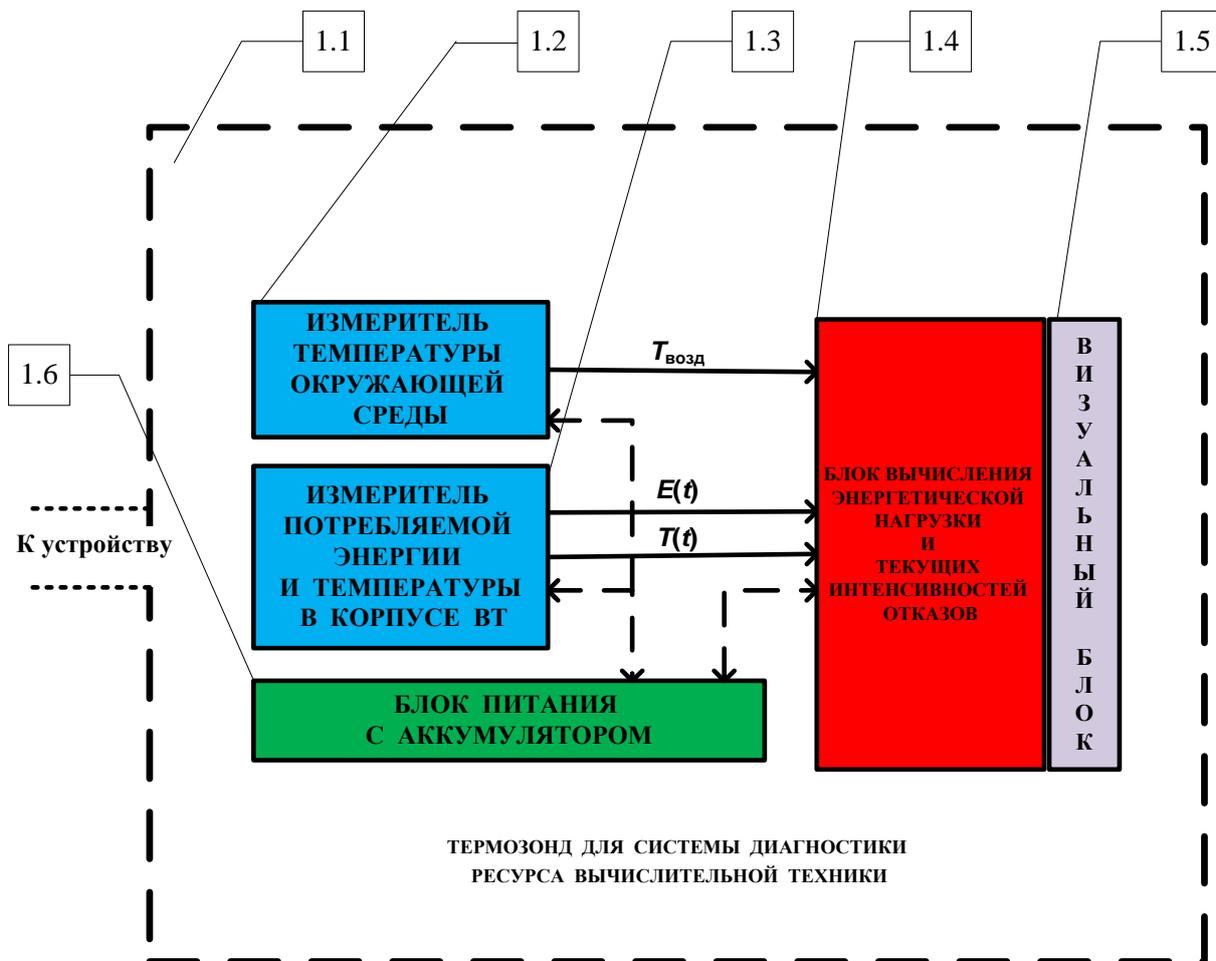


Рис. 1. Структурная схема ММТЭЗ

ММТЭЗ представляет собой "распределённый прибор" [10], блок вычисления энергетической нагрузки и интенсивности отказов с приемопередатчиком измеренных параметров по радиоканалу и сетевому интерфейсу (1.4) и с визуальным блоком (1.5) которого, устанавливается снаружи корпуса ВТ (1.1), а микросхемы-измерители (1.2 и 1.3) закреплены внутри корпуса. Визуальный блок (1.5) может быть выполнен с использованием светодиодов или жидкокристаллических индикаторов.

Электропитание ММТЭЗ осуществляется от линии питания, зондируемого устройства, а для обеспечения бесперебойной работы имеется аккумуляторная батарея (1.6).

Измеритель потребляемой энергии в корпусе ВТ (1.3) может быть собран на микросхеме типа МСР3905А или аналогичной, чтобы в память микросхемы можно было записать пороговые значения и в случае приближения либо достижения таковых формировать дополнительный пакет с извещением о тревоге.

Измеритель температуры в корпусе ВТ (1.2), может быть собран на микросхеме типа DS18B20 или аналогичной, чтобы в память микросхемы можно было записать пороговые значения и в случае приближения, либо достижения таковых, формировать дополнительный пакет с извещением о тревоге.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что с использованием ММТЭЗ осуществляется контроль температуры и потребляемой электрической мощности ВТ (платами, модулями, блоками, устройствами и т.д.), для вычисления их фактического технического и пожаробезопасного ресурсов, то есть прогнозирования наработки до отказа (параметрического и пожароопасного) в зависимости от текущих параметров (температуры и потребляемой электроэнергии) ВТ на объекте эксплуатации. Кроме того ММТЭЗ может найти широкое применение не только на производственных предприятиях, но и в средствах массового обслуживания населения: примером может стать применение устройства в серверном оборудовании банковских систем, сотовых операторов, отказ которых в крупных городах может привести к серьёзным последствиям.

ММТЭЗ, макет которого реализован с применением промышленно выпускаемых комплектующих и материалов, может быть собран на любом приборостроительном предприятии, в сервисном центре и в мастерской, оказывающих услуги населению в области связи и вычислительной техники.

## Литература

1. **Любавский А.Ю.** О применении методов эконометрики для комплексной оценки надежности вычислительных систем // Технологии техносферной безопасности. № 1 (59). 2015. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
2. **Бутузов С.Ю., Любавский А.Ю.** Оценка времени наработки на отказ накопителей информации автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности // Технологии техносферной безопасности. № 6 (40). 2011. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
3. **ГОСТ 16504-81.** Испытания и контроль качества продукции.
4. **Белозеров В.В., Волошин В.А., Удовиченко Ю.И.** Техничко-экономическое обоснование ЛАС ПЗ СВТ Кольской АЭС // Отчёт о НИР по Договору № 6124/6 от 01.04.93. Ростов н/Д.: НИИ физики РГУ (Полярные Зори: КАЭС), 1993. 65 с.
5. **Белозеров В.В., Волошин В.А., Белозеров В.В.** Концепция общей опасности техногенной сферы // Отчёт о НИР № НИР 4.65 от 15.02.1996 (Министерство образования и науки РФ). Ростов н/Д: РГУ, 1998. 33 с.
6. **Белозеров В.В., Иванников В.Л., Топольский Н.Г., Шпак Л.А.** Новые средства оценки пожарной опасности и предотвращения пожаров в изделиях электронной техники и электроустановках // Сб. докл. "Семинара по проблемам пожарной безопасности АЭС". М.: Интератомэнерго, 1992. С. 18-27.
7. **Белозеров В.В.** Экспериментальные методы оценки качества, надёжности и безопасности электроприборов // Технологии техносферной безопасности. № 5 (27). 2009. 9 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. **Белозеров В.В., Тетерин И.М., Топольский Н.Г.** Модульные системы безопасности электроприборов // Технологии техносферной безопасности. № 4. 2005. 3 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
9. **Белозеров В.В., Гольцов Ю.И., Кулешова Н.И., Шпак Л.А.** Способ получения полупроводникового керамического материала на основе титана бария, легированного ниобием // Патент РФ на изобретение № 2060566 от 20.05.96.