

УДК 614.84:621.313

## ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО РЕСУРСА СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В АСУ

<sup>1</sup>Белозеров В.В., <sup>2</sup>Любавский А.Ю., <sup>3</sup>Белозеров В.В.

<sup>1</sup>ООО «Научный производственно-технологический центр «ОКТАЭДР»,  
Ростов-на-Дону, e-mail: octaedr@list.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Академия государственной противопожарной службы» МЧС России,  
Москва, e-mail: nebezopassno@mail.ru;

<sup>3</sup>ООО «Компания «ТРИТАРТ», Ростов-на-Дону, e-mail: isagraf@mail.ru

В статье представлена методология и технология осуществления диагностики технического и пожаро-безопасного ресурса средств вычислительной техники (СВТ) автоматизированных систем управления (АСУ) объектами повышенной опасности. Предлагается в качестве термозондов и электрозондов для диагностики надежности и пожарной безопасности СВТ использовать модуль из микросхем-датчиков температуры и тока, данные с которых могут быть переданы на верхний уровень АСУ, для прогнозирования наработки на отказ СВТ и осуществления их своевременной профилактики. Мониторинг тепловых потоков внутри СВТ позволит обнаруживать пожароопасные отказы, предотвращать загорания и выводить из эксплуатации блоки и устройства, пожаробезопасный ресурс которых израсходован. Предлагаемая технология позволит предупреждать аварии и пожары на объектах повышенной опасности, чем сократит социально-экономический ущерб от них.

**Ключевые слова:** надежность, технический ресурс, пожарная безопасность, пожаробезопасный ресурс, средства вычислительной техники, автоматизированные системы управления

## DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL AND FIREPROOF RESOURCE OF COMPUTER AIDS IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

<sup>1</sup>Belozerov V.V., <sup>2</sup>Lyubavsky A.Y., <sup>3</sup>Belozerov V.V.

<sup>1</sup>ООО «Scientific Production and Technological Center «OCTAHEDRON»,  
Rostov-on-Don, e-mail: octaedr@list.ru;

<sup>2</sup>FGBOU VPO «Academy of the Public Fire Service» of Emercom of Russia,  
Moscow, e-mail: nebezopassno@mail.ru;

<sup>3</sup>ООО «TRITART» Company», Rostov-on-Don, e-mail: isagraf@mail.ru

The methodology and technology of implementation of diagnostics of a technical and fireproof resource of the computer aids (CA) of the automated control systems (ACS) for objects of the increased danger is presented in article. It is offered as thermoprobes and electroprobes for diagnostics of reliability and fire safety of CA to use the module from chips sensors of temperature and current, given with which can be transferred to the top level of ACS, for forecasting of a time between failures of CA and implementation of their timely prevention. Monitoring of thermal streams in ACS will allow to find fire-dangerous refusals, to prevent fire and to take blocks and devices which fireproof resource is spent out of service. The offered technology will allow to prevent accidents and the fires on objects of the increased danger, than to reduce social and economic damage from them.

**Keywords:** reliability, technical resource, fire safety, fireproof resource, computer aids, automated control systems

До настоящего времени технический ресурс и гарантийный срок работы СВТ определялись разработчиком-изготовителем на стадии постановки СВТ на производство расчетным путем, а наработка на отказ подтверждалась специальными испытаниями определенной выборки СВТ на надежность (наработку на отказ и/или долговечность).

Однако используемые методы, испытательные приборы и стенды, в т.ч. ускоренные и форсированные, не могут обеспечить всего многообразия фактических эксплуатационных условий, в которые «падают» СВТ на объектах автоматизации, в связи чем, все имеющиеся «паспортные параметры» являются приближенными. Поэтому на объектах и в технологических процессах повышенной опасности применяется ре-

зервирование (дублирование, троирование и т.д.) и профилактические «остановы» для ремонта или замены блоков и устройств, чтобы избежать аварий, взрывов и пожаров, из-за «внезапного» отказа СВТ.

В то же время и резервирование (холодное и горячее), и периоды восстановительных ремонтов, и ремкомплекты для них выполняются только расчетным путем, а их достоверность «оценивается косвенно» (по статистике отказов). При этом крайне редко, как правило, при катастрофических авариях (Чернобыль, Саяно-Шушенская ГЭС и т.д.), когда проводятся многочисленные экспертизы с отказавшими или с поврежденными объектами, удается определить причины отказов и сравнить их с расчетными показателями надежности и безопасности.

Поэтому для получения более достоверной информации о надежности и пожаробезопасном ресурсе электроприборов, в т.ч. и СВТ, был разработан вероятностно-физический метод (ВФМ) стендовых испытаний электроприборов [1–3] и предложены модули термоэлектронной защиты (МТЭЗ), позволяющие, во-первых, достоверно определить их технический ресурс при ускоренном технологическом прогоне, во-вторых, обнаруживать пожароопасный отказ и отключать электроприбор до загорания в нём электро-радиоматериалов, а в третьих, и это главное, определить его пожаробезопасный ресурс, который при этом становится соизмеримым с его техническим ресурсом [7].

Однако распространения предложенный метод не получил, наверно из-за «нетехнологичности и хрупкости» позисторных термозондов» [4], а также сложности автоматизированного стендового оборудования [5], с уникальными для того времени вычислительными ресурсами (УВК СМ-1210 с векторным режимом ПС 3000 под операционной системой Юникс и модернизированным ПВВ под модули УСО ТВСО).

В настоящее время вычислительные ресурсы СВТ автоматизированных систем, в частности, на объектах повышенной опасности (АЭС, НПЗ, терминалы ГСМ и т.д.), давно превзошли необходимые для указанного метода и быстрого действия, и объем оперативной памяти, и возможности программного обеспечения, а вместо позисторных термозондов и прецизионных шунтов можно использовать микросхемы, измеряющие температуру и потребляемую электроэнергию [12, 13].

Следовательно, введение в каждое устройство СВТ «микросхемного модуля термоэлектронизации», данные с которого процессор, контроллер или микро-

процессор устройства СВТ может передать на верхний уровень АСУ (АСУТП, АСК, АСУП и т.д.), является необходимым и достаточным условием реализации метода.

Разработанный метод определяет «текущие» интенсивности и вероятности отказов элементов изделий по модифицированному уравнению Аррениуса-Эйринга [1–3]:

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

где  $\lambda$  – текущая интенсивность отказа элемента, 1/час;  $A = k \cdot \lambda_0$  – произведение безразмерных коэффициентов, зависящих от давления, влажности, вибраций и т.д.) на интенсивность отказов при хранении ( $\lambda_0$ ), 1/час;  $k$  – постоянная Больцмана,  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К;  $T$  – температура элемента, °К;  $h$  – постоянная Планка,  $6,626 \times 10^{-34}$  Дж·с;  $E_a$  – эффективная энергия активации отказа, Дж;  $f(H)$  – функция нетермической (энергетической) нагрузки.

Уравнение (1) имеет решение, если определены температуры внутреннего объема изделия  $[T(t)]$  и окружающего воздуха  $[T_{\text{возд}}(t)]$ , а также измерены потребляемые изделием энергии  $[E(t)]$  при известных минимальных ( $\lambda_{\text{min}}$ ), номинальных ( $\lambda_{\text{ном}}$ ) и максимальных ( $\lambda_{\text{мах}}$ ) значениях интенсивности отказов всех элементов. Указанные переменные определялись с помощью позисторных термозондов и электротермометрических датчиков (Wp(t)). Тогда решением системы уравнений (2) теплового баланса и Навье-Стокса (прямая и обратная задачи тепловой локации), определялись все текущие коэффициенты энергетических нагрузок элементов  $[E_L(t)]$ :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + Nu \cdot \left( \frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} \right) - Nu \cdot \alpha \cdot V_x; \\ \frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} + Nu \cdot \left( \frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \right) - Nu \cdot \alpha \cdot V_y + \beta \nabla T; \\ \frac{\partial T}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial T}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial T}{\partial y} = \eta \cdot \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) - \frac{Q}{C \rho_0 D}; \\ \frac{\partial p}{\partial t} = -\rho_0 \cdot \frac{\partial V}{\partial x} - \rho_0 \cdot \frac{\partial V}{\partial y}; \\ \beta \cdot S_u \cdot \varepsilon (T^4 - T_{\text{возд}}^4) + \alpha \cdot S_u (T - T_{\text{возд}}) - W_p = 0; \\ W_p = B_L \cdot P_L \cdot E_L \cdot W; \end{cases} \quad (2)$$

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

где  $\alpha, \beta, \rho, \eta$  – коэффициенты,  $Nu$  – число Нуссельта;  $C$  – теплоемкость,  $D$  – расстояние,  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана,  $S$  – площадь поверхности источника тепла (ЭРЭ),  $W_p$  – потребляемая источником тепла мощность (фактическая),  $T_{возд.}$  – температура окружающего источника 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  $\lambda$  в 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 ( $\lambda_{xp}$ ), что позволяет построить и аппроксимировать «семейство»  $\lambda$ -кривых в границах  $\lambda_{xp}(T)$  и  $\lambda_{\max}(T)$ , а также логарифмированием получить функцию эффективной энергии активации отказов каждого ЭРЭ –  $E_{ai}(H, T)$ .

Таким образом, 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 (температуры, давления и т.д.), получаем **текущие интенсивности отказов ЭРЭ**, т.е. функции  $\lambda(H, T, P)$ , которые описываются  $\gamma$ -распределениями [1–3].

При этом предварительное нахождение параметров  $\gamma$ -распределения случайной величины  $\lambda$ , в данном случае сводилось к задаче определения параметров  $B$  и  $C$  функций  $\gamma$ -распределения по заданным двусторонним доверительным интервалам ( $\lambda_n < \lambda < \lambda_{\max}$ ):

$$F(\lambda, B, C) = \int_0^{\lambda} \frac{(\lambda/B)^{C-1}}{B \cdot \Gamma(C)} \exp(-\lambda B) d\lambda$$

при  $B > 0, C > 0,5, \Gamma(C)$ -гамма-функция, (3)

т.е. по заданным ее квантилям  $\lambda_n = \lambda_{\min}$  и  $\lambda_p = \lambda_{\max}$  уровня доверительной вероятности ( $p = 0,95$ ) соответственно  $L$  и  $1-L$ , где  $L = (1-p)/2$ , к решению системы уравнений:

$$\begin{cases} F(\lambda_n, \hat{B}, \hat{C}) = \frac{1-p}{2} \\ F(\lambda_p, \hat{B}, \hat{C}) = \frac{1+p}{2} \end{cases} \quad (4)$$

с последующей заменой переменной  $x = 2\lambda/B$ , переводящей  $\gamma$ -распределение в обобщенное  $\chi^2$  – распределение (для снятия ограничений относительно целочисленности  $\nu$ ), после чего делением одного уравнения на другое находится

$$q(\nu) = \lambda_n / \lambda_p \quad (5)$$

Полученные значения  $q(\nu) = \chi^2_{1-L}(\nu) / \chi^2_L(\nu)$  являются монотонной функцией от  $\nu$ , имеющей при  $\lambda_n \lambda_p > 0$  единственный корень, а по вычисленному  $\nu$  (а следовательно, и  $C = \nu/2$ ) находится и второй параметр  $\gamma$ -распределения:

$$B = 2\lambda_n / \chi^2_L(\nu) = 2\lambda_p / \chi^2_{1-L}(\nu) \quad (6)$$

С помощью термозондирования тепловых потоков от ЭРЭ позисторными датчиками [4] и определения потребляемой электроэнергии с помощью прецизионных шунтов [5] удалось устранить ограничения, возникающие при решении указанного уравнения (1) в двумерном приближении Обербека-Буссинеска в «прямой и обратной задачах» тепловой локации элементов, чтобы получить значения функции нетермической нагрузки  $f(H)$  [1, 3].

Дальнейшее вычисление прогнозируемого технического ресурса на плату, блок или устройство, в связи с аддитивностью текущих интенсивностей отказов, осуществляется интегрированием по времени их суммарного значения.

Понятие «пожаробезопасный ресурс» было введено одновременно с указанным выше методом [1–3], однако до сих пор не «прижилось». Положение усугубилось в 2008 году, когда 123-ФЗ был введен в действие «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», в котором были введены «пожарные риски», научной теории которых нет до сих пор.

Конечно, отечественный ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность. Общие требования», построенный на теории вероятностей, имеет существенные недостатки, которые «появились при его рождении» в 1974 году и были обусловлены, во-первых, отсутствием «связки» методов экспериментальных исследований пожарной опасности веществ и материалов (по ГОСТ 12.1.044) с электроприборами, технологическими процессами и объектами техносферы, где они применяются, во-вторых, ошибочной методологией «внесения неисправностей» в оборудование, нарушающей принцип независимости событий в них, а в-третьих, некорректным применением понятий теории вероятностей, проявившейся в нарушениях размерности событий [9–11].

В связи с тем, что введенные 123-ФЗ «пожарные риски» повторили и «усугубили» ошибки ГОСТ 12.1.004, **покажем необходимость и возможность их устранения, а также докажем достаточность** теории вероятностей для корректного применения её в методиках, предназначенных для **оценки пожарной опасности любого объекта**, в т.ч. при формировании декларации о пожарной безопасности, без введения дополнительных и «размытых» понятий «пожарных рисков».

Вероятность события является безразмерной величиной, а ГОСТ 12.1.004, как и «Технический регламент», фиксирует допустимый уровень вероятности пожара в оборудовании или объекте, в т.ч. «пожарного риска» –  $10^{-6}$  в год, что, с точки зрения теории надежности и теории вероятностей, является интенсивностью событий –  $\lambda$  с общепринятой размерностью 1/час, т.е.  $1,14 \cdot 10^{-10}$  час $^{-1}$ , т.к. приходится одну миллионную разделить на 8760 часов, из которых состоит год [1, 6].

Эта ошибка может быть устранена, путем **введения понятия «пожаробезопасный ресурс»** (материала, изделия и т.д.) и **требования его соизмеримости с техническим ресурсом**, т.е. со сроком эксплуатации материала, оборудования, помещения и объекта. Тогда корректная формулировка прозвучит так: **вероятность пожара в оборудовании и/или объекте не должна превышать  $10^{-6}$  в течение всего срока их эксплуатации.**

В случае общепринятого в теории надежности (и в ГОСТ 12.1.004) экспоненциального распределения логарифмированием функции распределения при известном времени «пожаробезопасного ресурса» ( $t_{ПБР}$ ) корректно определяется допустимая интенсивность  $\lambda_d$  пожароопасного отказа материала, оборудования, помещения и объекта при «вводе в эксплуатацию» [6, 8]:

$$10^{-6} = 1 - \exp(-\lambda_d t_{ПБР}) \rightarrow \lambda_d = \left( \frac{\ln(1) - \ln(1 - 10^{-6})}{t_{ПБР}} \right) \quad (7)$$

Если же возникло желание ввести понятие «пожарный риск», чтобы, например, уйти от «неблагозвучности понятия интенсивности возникновения пожара», то в **рамках теории вероятности существует функция риска –  $h(x)$ , которая определена, как отношение функции плотности вероятности –  $f(x)$ , к функции выживания –  $S(x)$  в точке  $x$** , и в нашем случае (эк-

споненциального распределения) она равна именно  $\lambda_d$  [14]:

$$h(t_{ПБР}) = \frac{f(t)}{S(t)} = \frac{\lambda_d \exp(-\lambda_d \cdot t_{ПБР})}{\exp(-\lambda_d \cdot t_{ПБР})} = \lambda_d \quad (8)$$

Необходимо исключить методологию внесения неисправностей при испытаниях на пожарную опасность радиоэлектронного и электротехнического оборудования и приборов, в связи с тем, что она требует применения сложного раздела теории надежности – теории зависимых отказов, т.к. искусственное «выключение», т.е. замыкание или обрыв какого-либо элемента изделия вызывает аварийный режим не в нем, а в схемотехнически связанном другом элементе. Поэтому дальнейший расчет вероятности пожара является некорректным, т.к. при этом нарушаются условия применимости формул распределения вероятностей, требующих независимости событий [6, 9].

Эта ошибка устраняется, путем применения вероятностно-физической методологии – **модели дополнительного тепловыделения каждого элемента при пожароопасном отказе**, полученная в виде логнормальных функций распределения [1, 2]:

$$F_3(Q) = 1 - v_3 \cdot [1 - G_3(z)], \quad (9)$$

где  $F_3(Q)$  – вероятность дополнительного тепловыделения,  $v_3$  – доля пожароопасных отказов (короткое замыкание, пробой, обрыв),  $G_3(z)$  – условная функция распределения (при возникновении пожароопасного отказа ЭРЭ) случайной величины  $z = \lg Q$ ,  $Q = k \cdot U \cdot I \cdot t$  – Джоулево тепло пожароопасного отказа ЭРЭ.

Дополнительное тепловыделение пожароопасного отказа, нагревая материал отказавшего ЭРЭ, воспламеняет его при переходе процессов деструкции и пиролиза в самоускоряющуюся фазу по критерию Семёнова или «зажигает соседа» по критерию Зельдовича, если собственная температура воспламенения выше «соседней», а плотность теплового потока равна критической. Тогда, решая систему (10) неравенств Семёнова, Зельдовича и Франк-Каменецкого в точке воспламенения ( $T_{вс}$ ), т.е. при  $Se = 0,368$ ,  $F_k = 2,00$  и  $Ze = Q/S$ , определяются:  $E_a$  – энергия активации воспламенения образца (11),  $K$  – предэкспонент (6) и  $H$  – тепловой эффект реакции в газовой фазе (12), после чего вычисляются энергии и теплоты –  $E_{Di}$  и  $H_{Di}$  стадий деструкции по формулам (11, 12), при температурах ( $T_p$ ,  $T_{пл}$ ,  $T_{тл}$ ) этих стадий [6]:



$$\begin{cases} Ze = \sqrt{2\lambda_B \frac{RT_{II}^2}{E_a} \cdot H \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_{II}}\right)}; \\ Se = \frac{Q \cdot V}{S \cdot \alpha} \cdot \frac{E_a}{RT_{II}^2} \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_{II}}\right); \\ F_k = \frac{Q \cdot r^2}{\lambda_o} \cdot \frac{E_a}{RT_o^2} \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_o}\right); \end{cases} \quad (10)$$

$$E_{Di} = \frac{(\ln T_o^2 - \ln T_{II}^2) \cdot R \cdot T_o T_{II}}{T_{II} - T_o}; \quad (11)$$

$$K = \frac{2\lambda_o \cdot RT_{II}^2 \cdot \exp\left(\frac{T_{II}(\ln T_o^2 - \ln T_{II}^2)}{T_{II} - T_o}\right)}{Q \cdot r^2 \cdot \frac{(\ln T_o^2 - \ln T_{II}^2) \cdot R \cdot T_o T_{II}}{T_{II} - T_o}}; \quad (12)$$

$$H_{Di} = \frac{Q^3 \cdot r^2 \cdot T_o^2 \cdot (\ln T_o^2 - \ln T_{II}^2)^2 \cdot \exp\left(\frac{T_o T_{II} \cdot (\ln T_o^2 - \ln T_{II}^2)}{T_{II} (T_{II} - T_o)}\right)}{2 \cdot F_k \cdot \lambda_B \cdot S^2 \cdot \lambda_o \cdot T_{II}^2 \cdot (T_{II} - T_o)^2 \cdot \exp\left(\frac{T_{II} \cdot (\ln T_o^2 - \ln T_{II}^2)}{(T_{II} - T_o)}\right)}; \quad (13)$$

где  $Ze$  – критерий Зельдовича;  $\lambda$  – коэф. теплопроводности газовой фазы;  $R$  – газовая постоянная;  $T_{II}$  – температура печи;  $E_a$  – энергия активации деструкции образца;  $H$  – тепловой эффект реакции в газовой фазе;  $K$  – предэкспонент;  $Se$  – критерий Семенова;  $Q$  – теплота, подведенная к образцу;  $V$  – объём образца;  $S$  – площадь поверхности образца;  $\alpha$  – коэф. теплоотдачи образца;  $T_{II}$  – температура поверхности образца;  $F_k$  – критерий Франк-Каменецкого;  $r$  – линейный размер образца;  $\lambda_o$  – коэф. теплопроводности образца;  $T_o$  – температура образца.

Приведенная выше математическая модель, позволяет определить интенсивности пожароопасных отказов элементов ( $\lambda_{II} = \lambda_{HT} \cdot v_{\Sigma}$ ) и интенсивности их воспламенений ( $\lambda_B = \lambda_{II} \cdot F_{\Sigma}$ ), зафиксировав критические теплоты каждого элемента –  $Q_{\Sigma}$ , после чего интегрированием вычисляет вероятности их воспламенений ( $F_{\Sigma}$ ).

Расчеты по системе неравенств (10) и модели дополнительного тепловыделения (9) проводятся для каждого элемента пожарной нагрузки объекта и его «соседей». Для этого необходима их топология, т.е. геoinформационная среда, а для вероятностной оценки «превращения воспламенения в пожар», вводится функция (14) «маятник события» [9], формирующая из топологии элементов пожарной нагрузки на объекте (в частности, из матрицы вероятностей

воспламенений) «матрицу распространения огня» ( $Fp$ ), позволяющую вычислить вероятность пожара каждого элемента ( $F_n = F_{\Sigma} \cdot Fp$ ):

$$U = \begin{cases} 1, \text{ если загорание произошло} \\ 0, \text{ если загорание не произошло} \end{cases}. \quad (14)$$

Таким образом, устраняется методологическая и логическая незавершенность оценки пожарной опасности любого изделия или объекта (ГОСТ 12.1.004 в своих вероятностных параметрах и формулах практически не использует ни одного из 20 значений номенклатуры показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов, приведенных в ГОСТ 12.1.044), путем использования методов термического анализа для определения (по критериям Семенова, Франк-Каменецкого и Зельдовича) существующих и дополнительных параметров пожаровзрывоопасности веществ и материалов, из которых изготовлены изделия и объекты, а с помощью вероятностно-физических уравнений, описывающих тепловыделение пожароопасного отказа, корректно связывает их с вероятностью пожара [1, 6].

#### Список литературы

1. Белозеров В.В. Экспериментальные методы оценки качества, надежности и безопасности электроприборов –

- «Технологии техносферной безопасности»: Интернет-журнал. – Вып. 5 (27). – 2009. – 9 с. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/> (дата обращения: 12.09.2015).
2. Белозеров В.В., Волошин В.А., Белозеров В.В. Концепция общей опасности техногенной сферы / Отчет о НИР № НИР 4.65 от 15.02.1996 (Министерство образования и науки РФ) – Ростов н/Д: РГУ, 1998. – 33с.
3. 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: в сб. докл. «Семинара по проблемам пожарной безопасности АЭС»/Хмельницкая АЭС, г. Нетежин, 28.09–02.10.92/. – М.: Интератомэнерго, 1992. – С. 18–27.
4. 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.
5. Белозеров В.В., Гольцов Ю.И., Шпак Л.А., Юркевич В.Э. Позисторные датчики температуры для стенда термоэлектропрогона изделий электронно-вычислительной техники – Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 1993. – Т. 37, № 6. – С. 155.
6. Белозеров В.В., Прус Ю.В., Топольский Н.Г. Информационно-компьютерные технологии в реализации технического регламента о требованиях пожарной безопасности – Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 2 (30). – 2010. – 13 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb/> (дата обращения: 12.09.2015).
7. Белозеров В.В., Тетерин И.М., Топольский Н.Г. Модульные системы безопасности электроприборов – Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 4. – 2005. – 3 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb/> (дата обращения: 12.09.2015).
8. Богуславский Е.И., Белозеров В.В., Богуславский Н.Е. Прогнозирование, анализ и оценка пожарной безопасности / Уч. пос. под ред. проф. Богуславского Е.И./ – Ростов н/Д: РГСУ, 2004. – 151 с.
9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей – М.: Наука, 1969. – 576 с.
10. ГОСТ 12.1.004 Пожарная безопасность. Общие требования – М: Изд. стандартов, 1992. – 75 с.
11. ГОСТ 27.410-87 Методы контроля показателей надежности и планы контроля испытаний на надежность.
12. Микросхема цифрового датчика-измерителя температуры промышленного диапазона (функциональный аналог микросхемы DS18B20 Maxim-Dallas Semiconductor) – <http://www.integral.by/download/3168/IN18B20D-TSr.pdf> (дата обращения: 12.09.2015).
13. Одна микросхема для создания любого датчика тока фирмы Melexis – <https://www.terraelectronica.ru/> (дата обращения: 12.09.2015).
14. Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. – М.: 1980. – 95 с.