

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

В.В. Третьяков, З.М. Селиванова

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор Д.Ю. Муромцев

Ключевые слова и фразы: база знаний; датчик температуры; измерительный канал; информационно-измерительная система; коэффициент оперативности; коэффициент точности; радиоэлектронное средство; фреймовая модель.

Аннотация: Разработана база знаний информационно-измерительных систем, осуществляющих контроль температурного режима работы радиоэлектронных средств, представленная в виде фреймовой модели, применение которой позволит повысить точность и оперативность функционирования информационно-измерительных систем в условиях воздействия дестабилизирующих факторов.

Для обеспечения качественного функционирования радиоэлектронных средств (РЭС) необходим рекомендуемый температурный режим согласно условиям эксплуатации РЭС. Мониторинг температурного режима осуществляется с использованием информационно-измерительной системы (ИИС) контроля температуры T [1] (рис. 1). Повышение точности контроля температуры достигается в результате использования разработанной базы знаний (БЗ), формирование информации из которой с помощью блока логического вывода (БЛВ) позволяет осуществить коррекцию результатов измерения T исследуемого объекта (ИО) при воздействии дестабилизирующих факторов (ДФ).

Информационно-измерительная система работает следующим образом. Контролируемая температура РЭС преобразуется в электрический сигнал $U_{ТП}(T)$ посредством датчиков температуры (ДТ) (хромель-копелевых термомпар (ТП)), входящих в состав измерительного канала (ИК) ИИС. Далее сигнал подается на вход усилителя постоянного тока (УПТ). С усилителя

Третьяков Владимир Владиславович – магистрант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; Селиванова Зоя Михайловна – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», e-mail: Selivanova@mail.jesby.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

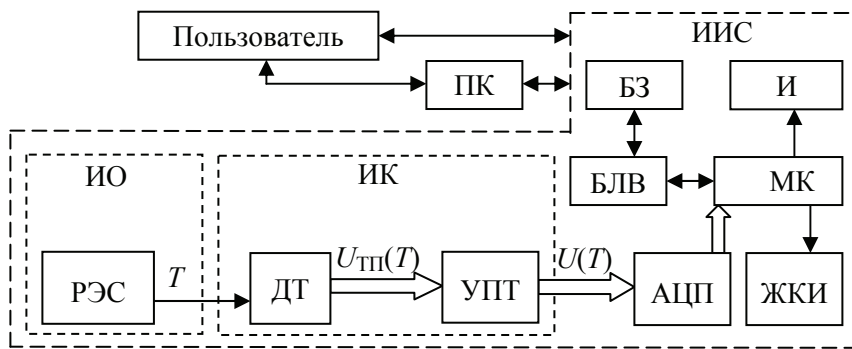


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной системы

сигнал $U(T)$ подается в аналого-цифровой преобразователь (АЦП) для преобразования в двоичный код, откуда передается в микроконтроллер (МК) для обработки в соответствии с алгоритмом функционирования ИИС. С микроконтроллера сигнал поступает на жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), а также посредством соответствующих интерфейсов (И) – на персональный компьютер (ПК) для анализа и обработки полученной информации о температуре пользователем.

Погрешность измерения температуры РЭС в основном определяется воздействующими ДФ, которые влияют на датчики температуры и усилитель постоянного тока.

Для компенсации погрешности измерения вводятся специальные поправочные коэффициенты: K_T – коэффициент точности измерения и K_o – коэффициент потери оперативности выдачи результатов. Значения данных коэффициентов хранятся в БЗ ИИС. При проведении измерений T согласно алгоритму функционирования ИИС следует обращение к базе знаний, и, в соответствии с воздействующими ДФ, из БЗ передаются значения поправочных коэффициентов K_T и K_o для компенсации значений ДФ при коррекции измеренных значений T .

Алгоритм функционирования ИИС контроля температуры с разработанной БЗ представлен на рис. 2.

Для функционирования разрабатываемой ИИС в соответствии с приведенной блок-схемой необходимо разработать соответствующую базу знаний ИИС. База знаний должна содержать информацию для реализации всех основных процедур алгоритма функционирования ИИС, таких как преобразование измеряемых величин в электрические сигналы и обратное преобразование, расчет погрешности и т.д. Также БЗ должна содержать значения K_T и K_o , соответствующие величинам ДФ.

Построить базу знаний предлагается с использованием фреймовых моделей представления знаний. Структура фреймовой модели знаний ИИС представлена на рис. 3.

Данная модель представления знаний ИИС включает пять основных слотов [2]. Слот «Предметная область» указывает на область применения данной ИИС – контроль температурного режима работы РЭС. Слот «Процедура измерения» определяет выбор оптимального режима измерения. Слот «Измерительный канал» является основным в данной модели, так

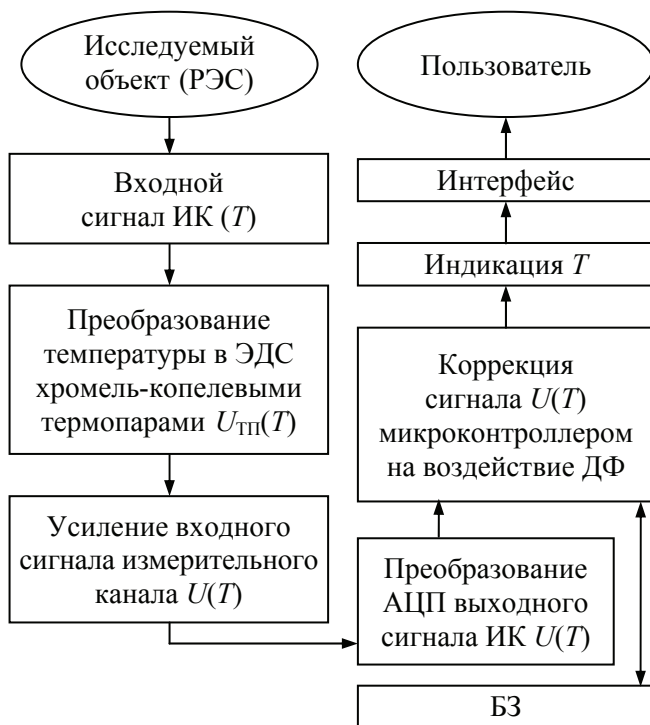


Рис. 2. Блок-схема алгоритма функционирования ИИС

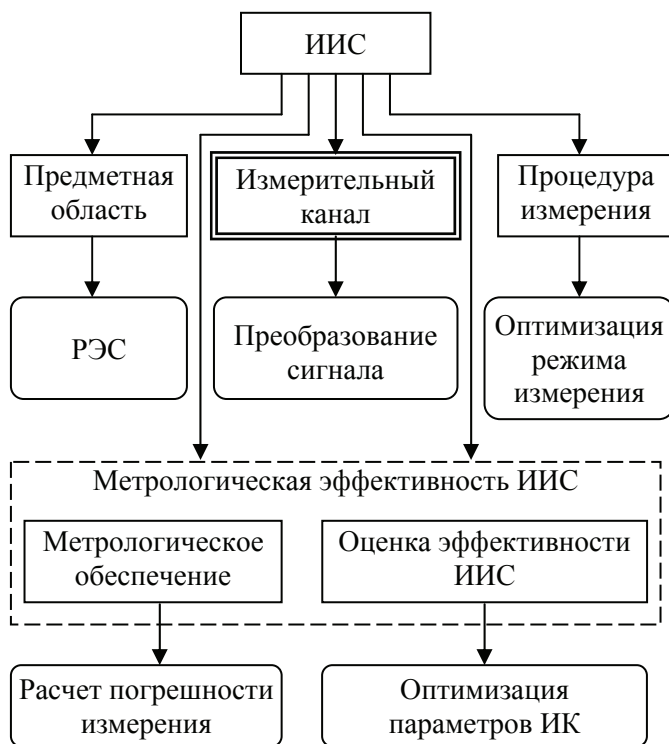


Рис. 3. Структурная модель фрейма представления знаний ИИС контроля температуры

как в ИК происходят основные процессы преобразования сигнала. Слоты «Метрологическое обеспечение» и «Оценка эффективности ИИС» можно рассматривать как один фрейм, потому что учет погрешности измерения связан с оптимизацией параметров ИК.

Для более подробного представления знаний в ИИС составляются структурные модели основных слотов модели знаний ИИС (см. рис. 3). Структура фрейма ИК ИИС представлена на рис. 4.

Данная модель представляется двумя основными слотами: «Первичные измерительные преобразователи» и «Усилитель постоянного тока». Слот «Первичные измерительные преобразователи» (датчики температуры) также, в свою очередь, можно структурировать и представить отдельным фреймом (рис. 5).

Первичные измерительные преобразователи преобразуют измеряемую температуру РЭС в электрический сигнал по зависимости

$$U_{ТП}(T) = \sum_{i=0}^4 h_i T^i, \quad (1)$$

где h_i – матрица коэффициентов аппроксимирующей функции преобразования измеряемой температуры ДТ; T^i – измеряемая температура в степени, соответствующей номеру коэффициента матрицы.

Слоты «Метрологическое обеспечение» и «Оценка эффективности ИИС» объединяются в один фрейм под названием «Метрологическая эффективность ИИС». Для метрологического обеспечения ИИС осуществляется оптимизация параметров измерительного канала ИИС и компенсация погрешности измерения путем введения корректирующих коэффициентов K_0 и K_T . Поэтому в базе знаний формируется множество значений данных коэффициентов, соответствующих множеству значений ДФ, исходя из которых и выбираются K_0 и K_T .

Алгоритм функционирования блока логического вывода реализуется согласно процедурным правилам, которые определяют зависимость коэффициентов K_T и K_0 от дестабилизирующих факторов. В таблицах 1 и 2 представлены примеры процедурных правил выбора K_0 и K_T в зависимости от температуры и влажности окружающей среды T_{OC} и W_{OC} соответственно.

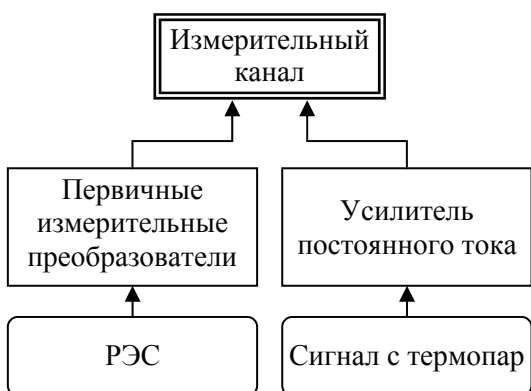


Рис. 4. Структура фреймовой модели измерительного канала ИИС



Рис. 5. Структура фреймовой модели блока первичных преобразователей ИИС

Таблица 1

Процедурные правила выбора K_0 и K_T в зависимости от T_{OC}

ЕСЛИ $T_{OC} = -10$ °С, ТО $K_T = 0,01$; $K_0 = 0,01$	ЕСЛИ $T_{OC} = 21$ °С, ТО $K_T = 1$; $K_0 = 0,98$
ЕСЛИ $T_{OC} = -5$ °С, ТО $K_T = 0,12$; $K_0 = 0,05$	ЕСЛИ $T_{OC} = 26$ °С, ТО $K_T = 0,6$; $K_0 = 0,63$
ЕСЛИ $T_{OC} = 0$ °С, ТО $K_T = 0,3$; $K_0 = 0,1$	ЕСЛИ $T_{OC} = 31$ °С, ТО $K_T = 0,15$; $K_0 = 0,23$
ЕСЛИ $T_{OC} = 5$ °С, ТО $K_T = 0,5$; $K_0 = 0,35$	ЕСЛИ $T_{OC} = 36$ °С, ТО $K_T = 0,06$; $K_0 = 0,13$
ЕСЛИ $T_{OC} = 10$ °С, ТО $K_T = 0,73$; $K_0 = 0,69$	ЕСЛИ $T_{OC} = 41$ °С, ТО $K_T = 0,04$; $K_0 = 0,09$
ЕСЛИ $T_{OC} = 15$ °С, ТО $K_T = 0,9$; $K_0 = 0,87$	ЕСЛИ $T_{OC} = 46$ °С, ТО $K_T = 0,03$; $K_0 = 0,06$
ЕСЛИ $T_{OC} = 20$ °С, ТО $K_T = 1$; $K_0 = 1$	

Таблица 2

Процедурные правила выбора K_0 и K_T в зависимости от W_{OC}

ЕСЛИ $W_{OC} = 50$ %, ТО $K_T = 1$; $K_0 = 1$	ЕСЛИ $W_{OC} = 76$ %, ТО $K_T = 0,24$; $K_0 = 0,2$
ЕСЛИ $W_{OC} = 55$ %, ТО $K_T = 0,87$; $K_0 = 0,85$	ЕСЛИ $W_{OC} = 81$ %, ТО $K_T = 0,22$; $K_0 = 0,17$
ЕСЛИ $W_{OC} = 60$ %, ТО $K_T = 0,67$; $K_0 = 0,62$	ЕСЛИ $W_{OC} = 86$ %, ТО $K_T = 0,17$; $K_0 = 0,14$
ЕСЛИ $W_{OC} = 65$ %, ТО $K_T = 0,49$; $K_0 = 0,43$	ЕСЛИ $W_{OC} = 91$ %, ТО $K_T = 0,12$; $K_0 = 0,09$
ЕСЛИ $W_{OC} = 70$ %, ТО $K_T = 0,34$; $K_0 = 0,31$	ЕСЛИ $W_{OC} = 96$ %, ТО $K_T = 0,03$; $K_0 = 0,04$
ЕСЛИ $W_{OC} = 75$ %, ТО $K_T = 0,24$; $K_0 = 0,22$	

Метрологическая эффективность ИИС оценивается, исходя из относительной погрешности измерения $\delta U(t) \leq 0,1$ %. Предлагается структура фреймовой модели метрологической эффективности ИИС, представленная на рис. 6.

Данная структура включает слоты «Влияние ДФ» и «Погрешность измерения». Слот «Влияние ДФ» указывает, что величины коэффициентов K_0 , K_T зависят от величин ДФ, а слот «Погрешность измерения» указывает на то, что значение погрешности измерения $\delta U(t)$ не должно превышать 0,1 %, соответствующего допустимому значению $\delta U(t)$ для ИИС.

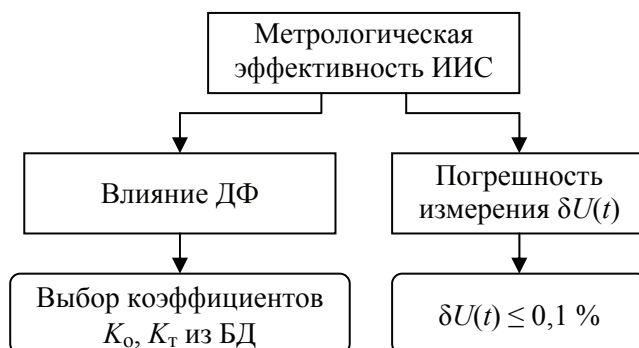


Рис. 6. Структура фреймовой модели метрологической эффективности ИИС

База знаний разрабатываемой ИИС включает базу данных, которая содержит значения поправочных коэффициентов и дестабилизирующих факторов, в соответствии с которыми выбираются K_0 и K_T . Согласно процедурным правилам, реализуемым БЛВ, базу данных можно представить в виде фреймов-таблиц. Для каждого ДФ разработана отдельная фреймовая таблица БЗ.

Определены граничные значения ДФ, при которых ИИС определяет температуру РЭС с допустимой погрешностью. Рассматриваются два основных ДФ – T_{OC} и W_{OC} . Установлено, что ИИС функционирует по заданному алгоритму и в соответствии с разработанной процедурной моделью (см. рис. 8) при T_{OC} от -10 до 50 °С и W_{OC} до 100 %.

В таблице 3 представлены значения K_0 и K_T при воздействии T_{OC} , а в табл. 4 – для W_{OC} . Значения K_0 и K_T получены программным путем в среде MatLab на основе экспериментальных данных при проведении измерения T РЭС с помощью ИИС.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, построена фреймовая модель представления знаний в ИИС. Данная модель содержит информацию для реализации трех основных процедур: функционирования ИИС, преобразования измеряемых величин T и расчета погрешностей измерения T РЭС.

Таблица 3

Зависимость K_0 и K_T от T_{OC}

T_{OC} , °С	K_0/K_T	T_{OC} , °С	K_0/K_T
-10	0,01/0,01	21	0,98/1
-5	0,05/0,12	26	0,63/0,6
0	0,1/0,3	31	0,23/0,15
5	0,35/0,5	36	0,13/0,06
10	0,69/0,73	41	0,09/0,04
15	0,87/0,9	46	0,06/0,03
20	1/1		

Таблица 4

Зависимость K_0 и K_T от W_{OC}

W_{OC} , %	K_0/K_T	W_{OC} , %	K_0/K_T
50	1/1	76	0,2/0,24
55	0,85/0,87	81	0,17/0,22
60	0,62/0,67	86	0,14/0,17
65	0,43/0,49	91	0,09/0,12
70	0,31/0,34	96	0,04/0,03
75	0,22/0,24		

Первая процедура представляет собой реализацию алгоритма преобразования хромель-копелевыми термопарами значения измеряемой температуры $T_{ДТ}$ в значение напряжения электрического сигнала $U_{ТП}(T)$ по закону (1). В модели представления знаний создан соответствующий фрейм, содержащий аппроксимирующие зависимости преобразования $T_{ДТ}$ в $U_{ТП}(T)$.

Вторая процедура представляет собой расчет относительной погрешности измерения T , вносимой действием ДФ – $T_{ОС}$ и $W_{ОС}$. Значения данных погрешностей выводятся на дисплей.

Абсолютная погрешность, вносимая $T_{ОС}$, рассчитывается по следующему закону [1]

$$\Delta U(T_{ОС}) = K_{и} (\beta(T_{ОС} - 20))^3, \quad (2)$$

где $\Delta U(T_{ОС})$ – абсолютная погрешность, вносимая $T_{ОС}$; $K_{и}$ – коэффициент изгиба аппроксимирующей зависимости, $K_{и} = 0,05$; β – температурный коэффициент, $\beta = 0,1$ [1].

Погрешность, вносимая $W_{ОС}$, рассчитывается по зависимости [1]

$$\Delta U(W_{ОС}) = \alpha e^{k_w W_{ОС}}, \quad (3)$$

где $\Delta U(W_{ОС})$ – абсолютная погрешность, вносимая $W_{ОС}$; k_w – коэффициент влажности, $k_w = 0,1$; α – коэффициент преобразования, $\alpha = 0,5 \cdot 10^{-4}$ [1].

Используя зависимости (2) и (3), рассчитываются значения погрешностей, вносимых каждым ДФ. Относительная погрешность измерения определяется по формуле

$$\delta U(T) = \frac{|U_0(T) - U(T)|}{U(T)} \cdot 100 \%,$$

где $U_0(T)$ – значение сигнала при отсутствии ДФ.

Третья процедура реализует формирование измеряемой T РЭС в соответствии со значением $U(T)$.

Разработанная фреймовая модель представления знаний ИИС представлена на рис. 7.

Данная фреймовая модель представляет организацию базы знаний в ИИС. Фрейм «Внешние воздействия» включает воздействия окружающей среды: $T_{ОС}$ и $W_{ОС}$. Преобразование T в электрический сигнал при воздействии ДФ осуществляется с использованием фрейма «Блок преобразователей». Преобразования происходят по зависимостям (1) – (3). Для реализации этих зависимостей в БЗ ИИС необходимо ввести значения постоянных коэффициентов α , β , k_w , $K_{и}$ при обращении к фрейму «Постоянные коэффициенты». После преобразования и оцифровки сигнала информация поступает в микроконтроллер для дальнейшей обработки. В базе данных фрейм «Микроконтроллер» хранит значения поправочных коэффициентов, компенсирующих влияние ДФ в ИК. Все операции реализуются в арифме-

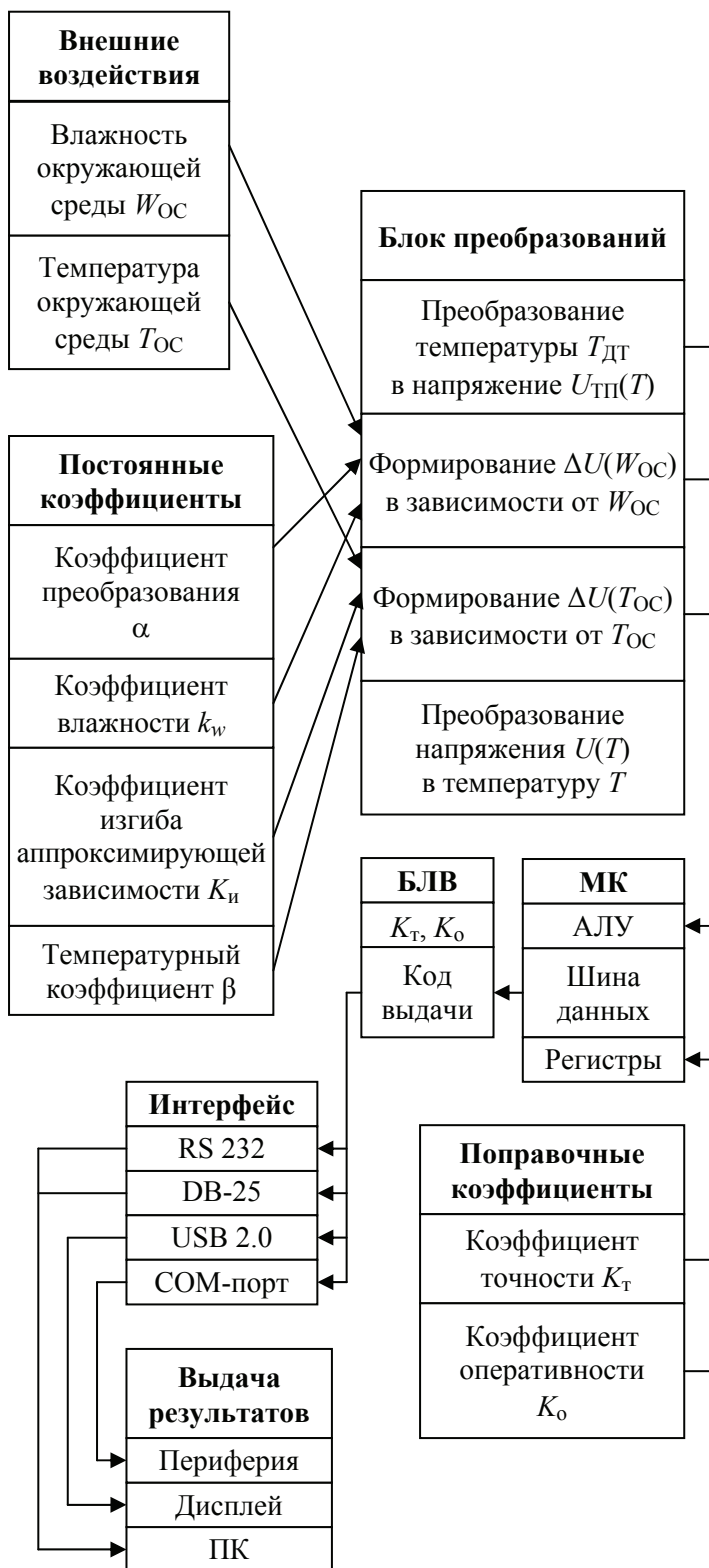


Рис. 7. Структурная схема базы знаний ИИС

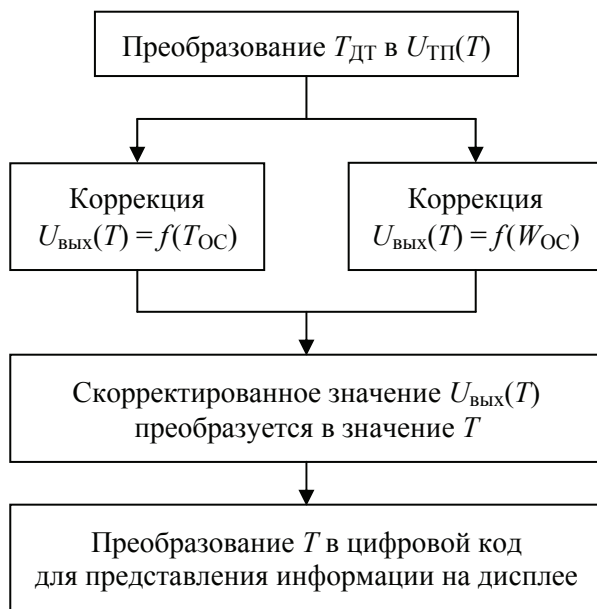


Рис. 8. Процедурная модель ИИС

тико-логическом устройстве (АЛУ). Множество значений поправочных коэффициентов представлены фреймом «Поправочные коэффициенты».

Во фрейме «Блок логического вывода» представлены процедурные правила, на основе которых осуществляется коррекция измеряемой T РЭС на воздействие ДФ – $T_{ОС}$ и $W_{ОС}$.

Разработана процедурная модель функционирования ИИС при реализации информации из БЗ для определения T РЭС, которая представлена на рис. 8.

Для представления информации о T РЭС пользователю применяется соответствующий интерфейс, который в БЗ представлен фреймом «Интерфейс». В данной ИИС используются следующие порты: RS 232; USB 2.0; DB-25; СОМ. В качестве устройств отображения информации используются ПК, жидкокристаллический индикатор, периферийные устройства.

Разработанная база знаний информационно-измерительной системы контроля температуры РЭС, основанная на представлении знаний в виде фреймовых моделей, позволяет повысить точность измерения T РЭС в результате использования БЗ при коррекции результатов измерения T РЭС на воздействие ДФ и, следовательно, повысить качество функционирования РЭС.

Список литературы

1. Селиванова, З.М. Моделирование и оптимизация параметров измерительного канала информационно-измерительных систем / З.М. Селиванова, В.В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 65–73.

2. Селиванова, З.М. Интеллектуальная информационно-измерительная система для определения теплофизических свойств твердых материалов / З.М. Селиванова // Приборы и техника эксперимента. – 2006. – № 4. – С. 41–48.

Development of Knowledge Base of Information-Measuring Monitoring Systems of Temperature

V.V. Tretyakov, Z.M. Selivanova

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: factor of accuracy; factor of efficiency; frame model; information-measuring system; knowledge base; measuring channel; radio-electronic means; temperature sensor.

Abstract: The knowledge base of the information and measuring systems which are carrying out control of a temperature operating mode of radio-electronic means, presented in the form of the frame model which application will allow to increase accuracy and efficiency of functioning of information and measuring systems in the conditions of influence of destabilizing factors is developed.

© В.В. Третьяков, З.М. Селиванова, 2012