

При использовании материалов статьи необходимо использовать данную ссылку:

Мистров Л.Е., Белоцерковский О.А. Основы синтеза информационно-обучающих систем поиска и устранения неисправностей в радиоэлектронных объектах // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 2. (54). С. 16-23

УДК 550.379

ОСНОВЫ СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ПОИСКА И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ОБЪЕКТАХ

Мистров Л.Е., Белоцерковский О.А.

Предлагаются в виде принципа редукции, физической и математической постановки, модели и метода основы синтеза информационно-обучающих систем для обеспечения поиска и устранения неисправностей в сложных радиоэлектронных объектах. Авторы обращают внимание на то, что вследствие недостаточного внимания проблеме синтеза информационно-обучающих систем в данной предметной области возникло и постоянно углубляется объективное противоречие между возможностями реализации информационных процессов обучения и существующей практикой поиска и устранения неисправностей в структурах конкретных радиоэлектронных объектов, приводящее к методическому разрыву между требуемым и имеющим место уровнями качества обучения. Для его устранения требуется с учетом специфики конкретных радиоэлектронных объектов, разработка методических подходов к решению данной задачи и проведению исследований по совершенствованию программного и информационного обеспечения, аппаратных средств и архитектуры информационно-обучающих систем на основе синтеза многокритериальных моделей принятия решений управления процессом обучения. В заключении отмечается, что предложенный подход обеспечивает решение задачи синтеза информационно-обучающих систем в целях подготовки специалистов по эксплуатации различного типа и сложности радиоэлектронных объектов на этапах овладения оптимальными способами поиска и устранения неисправностей на основе оптимального распределения временного и программно-аппаратного ресурса на иерархических уровнях моделируемых объектов.

Ключевые слова: радиоэлектронный объект, информационно-обучающая система, поиск и устранение неисправностей, метод, эффективность, моделирование, принятие решения.

1 **Общие положения**
Современный этап развития различного функционального назначения и сложности радиоэлектронных объектов (РЭО) характеризуется необходимостью приобретения навыков и принципов обучения работы с ними для обеспечения надежной эксплуатации и эффективного применения, глубокого понимания физических процессов происходящих при их функционировании в условиях выделенного на это времени. Это обусловило возникновение и широкое развитие образовательных и информационно-технических систем и технологий, создающих предпосылки для разработки нового типа информационных систем

– информационно-обучающих систем (ИОС) [1]. Под ИОС понимается объединенная единством цели совокупность методов и программно-аппаратных решений и средств, обеспечивающих организацию обучения оптимальным процедурам поиска и устранения неисправностей (ПУН) в РЭО. Основная особенность ИОС заключается в возможности моделировании типовых ситуаций функционирования РЭО за счет разработки методического аппарата оптимизации многокритериального процесса принятия решений в изучаемых объектах.

Мистров Леонид Евгеньевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры, Центральный филиал ФГБОУВО «РГУП» г. Воронеж
Белоцерковский Олег Анатольевич, доцент кафедры, ВУНЦ ВВС «ВВА» г. Воронеж

РЭО представляют, как правило, сложные структуры, включающие совокупность взаимодействующих по частным показателям качества различного типа элементов на уровнях подсистем (комплексов) и функциональных блоков (средств). Для них характерна аддитивность и детерминированность выполнения задач различного типа и уровня элементов с заданным качеством, централизованная функциональная иерархическая структура, управление ограниченным ресурсом элементов на множестве условий функционирования, достигаемых принятием решений в структуре контуров управления.

Особенности построения и функционирования РЭО связаны с возникновением в структуре ИОС внутрисистемных конфликтов, обусловленных необходимостью распределения программно-аппаратного ресурса для моделирования функционирования, как отдельных элементов, так и РЭО в целом. Это приводит к необходимости использования при синтезе ИОС методов теорий оптимального управления и принятия решений для моделирования организационных, организационно-технических и технических процессов обучения принятию решений ПУН на различных уровнях элементов РЭО. Существование моделирования организационных и организационно-технических процессов принятия решений основывается на обнаружении, анализе и выработке адекватных неисправности на i -ом элементе j -го уровня РЭО определенных вариантов решений. Моделирование же технических процессов функционирования РЭО направлено на обучение конкретным методам ПУН в иерархической структуре контуров принятия решений ИОС. Методы принятия решений обучающимися применяются избирательно и адекватны контурам принятия решений в иерархической структуре РЭО. В качестве вариантов решений ИОС рассматривается выбор тех или иных способов и приемов, обеспечивающих в рамках выделенного времени, осуществление ПУН на i -ом элементе j -го уровня РЭО.

Синтез ИОС представляет сложную задачу, решение которой в зависимости от уровня и предназначения РЭО может осуществляться с использованием различных математических методов и программно-аппаратных средств. Это обуславливает необходимость представления в ИОС РЭО в виде иерархической системы, включающей взаимообусловленную совокупность связанных определенными

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЭО СВЯЗАНЫ С ВОЗНИКНОВЕНИЕМ В СТРУКТУРЕ ИОС ВНУТРИСИСТЕМНЫХ КОНФЛИКТОВ

отношениями элементов. Такое представление ИОС обуславливает необходимость выделения для ее моделирования соответствующих контуров обучения принятию решений на основе оптимального поуровневого распределения программно-аппаратного ресурса, соответствующего структуре контуров управления, информационного обеспечения и исполнения РЭО.

Вследствие недостаточного внимания проблеме синтеза ИОС в данной предметной области возникло и постоянно углубляется объективное противоречие между возможностями реализации информационных процессов обучения и существующей практикой ПУН в структурах конкретных РЭО, приводящее к методическому разрыву между требуемым и имеющим место уровнями качества обучения. Для его устранения требуется с учетом специфики конкретных РЭО, разработка методических подходов к решению данной задачи и проведению исследований по совершенствованию программного и информационного обеспечения, аппаратных средств и архитектуры ИОС на основе синтеза многокритериальных моделей принятия решений управлением процессом обучения. Данные обстоятельства определили цель и содержание предлагаемой статьи, направленной на разработку основ синтеза ИОС по ПУН в иерархических многоуровневых РЭО.

2. Постановка задачи

Особенность решения ИОС данной задачи обусловлена необходимостью ПУН на j -ых, $j = 1, \dots, I$ иерархических уровнях РЭО: системы, подсистем (комплексов), блоков (средств), агрегатов (печатных плат) и отдельных узлов. Каждый уровень принятия решений ИОС характеризуется важностью i -й, $i = 1, \dots, I$ задачи ПУН на j -ом уровне элементов РЭО генерируемого V_d множества вариантов и определяется в виде:

$$P_{ij} = \sum_{i=1}^I \lambda_{ij} P(H_{ij} / i) \frac{n_{ij}}{n_{\Sigma ij}}, \quad (1)$$

где P_{ij} – вероятность решения i -й задачи ПУН на j -ом уровне элементов РЭО; λ_{ij} – важность решения i -й задачи ПУН на j -ом

уровне элементов РЭО; $P(H_{ij}/i)$ – априорная вероятность подготовленности обучаемого к решению i -й задачи ПУН на j -ом уровне элементов РЭО при H_{ij} -й гипотезе об уровне подготовленности к ее решению; n_{ij} – количество решенных обучающимся i -ых задач на j -ом уровне элементов РЭО; $n_{\Sigma ij}$ – общее количество i -ых задач ПУН, подлежащих решению на j -ом уровне элементов РЭО.

Исходя из этого, постановка задачи синтеза ИОС для решения задач ПУН в РЭО заключается в решении обучающимся с вероятностью не ниже заданной P_{ij}^* на V_{dij} множестве допустимых вариантов решения i -ых задач на j -ом уровне элементов РЭО за определенное время в виде:

$$P_{ij}^*(V_d) = \max_i P_{ij}(P(H_{ij}/i), i, T_{ij}), \quad (2)$$

$$T_{ij} \leq T_{ij}^*; P_{ij}^*(V_d) \geq P_{ijz},$$

где T_{ij} – время решения обучающимся i -й задачи ПУН на j -ом уровне элементов РЭО; T_{ij}^* – директивное время решения обучающимся i -й задачи ПУН на j -ом уровне элементов РЭО; P_{ijz} – заданная вероятность решения обучающимся i -й задачи ПУН на j -ом уровне элементов РЭО.

3. Метод решения задачи

Данная задача относится к классу оптимизационных задач дискретного программирования с целочисленными переменными, для решения которых применяются приближенные комбинаторные методы, а алгоритмы строятся на максимальном учете характера задачи и конечности множества вариантов ее решения. Она, как задача оптимального управления, относится к классу задач дискретной оптимизации, и позволяет для решения использовать метод ветвей и границ. Данный метод реализует последовательный алгоритм определения оптимального решения на основе ветвления (построения дерева решений) или разбиения всего множества решений на подмножества в соответствии с выбранным признаком (показателем) и определения нижних (верхних) оценок или границы на каждом шаге ветвления. В данном случае под множеством решений понимается V_d множество возможных вариантов i -ых решений по ПУН с учетом

влияния результатов оценки поиска неисправностей на j -ом уровне элементов РЭО.

В общем случае решение задачи (2) основывается на поиске обучающимся целевой функции P_{ij} на $V_d \in V_d$ множестве допустимых вариантов решения i -й задачи на j -ом уровне элементов РЭО, удовлетворяющей нижней оценке целевой функции $P_{ij}^{\min}(V_d)$ с учетом ограничений, определяющих область решения задачи. При этом нижняя оценка целевой функции для всех допустимых вариантов решений $P_{ij}(V_d)$ представляется в виде

$$P_{ij}^{\min}(V_d) \geq P_{ij}(V_d), \quad (3)$$

при

$$P_{ij}(V_d) \leq P_{ij}^*(V_d), \quad V_d \supset V_d,$$

то есть оценка по множеству допустимых решений должна быть не хуже оценки по любому входящему в него подмножеству.

Вследствие иерархичности построения РЭО решение задачи (3) осуществляется разбиением всего множества решений ПУН в соответствии с выбранным признаком на подмножества $P_{ij}(V_d)$,

$$\text{где } P_{ij}(V_d) = \bigcup_{i,j} P_{ij} = \bigcup_{j, i_1, i_2, \dots} P_{ij}.$$

При этом на первом шаге определяется $\min_{i_1} P_{ij}(V_{i_1}) = P_{ij}(V_{i_1})$; на втором производится ветвление подмножества V_{i_1} и вычисляются оценки на подмножествах $P_{ij}(V_{i_1, i_2})$. Далее рассчитывается $\min_{i_2} P_{ij}(V_{i_1, i_2}) = P_{ij}(V_{i_1, i_2})$. Процесс ветвления продолжается до тех пор, пока полностью не будет определено решение $P_{ij}^*(V)$, соответствующее условию оптимальности (3); в этом случае выделенное подмножество решений включает в себя только один вариант $P_{ij}^*(V_d)$.

При решении задачи подлежат определению $P_{ij} = \lambda_{ij} n_{ij}$ – вероятность и T_{ij} – время решения i -ой задачи ПУН на j -ом уровне элементов РЭО обучающимся. Задача решается в предположении на варианты ее решения P_{ij} : если $P_{ij} = 1$, то i -я задача ПУН выполнена обучающимся, и $P_{ij} = 0$ – в противном случае.

Определение оценки $P_{ij}(V_d)$ таким образом позволяет получить точную нижнюю границу для значения целевой функции на

множестве допустимых решений – в этом случае найденное решение является строго оптимальным решением $P_{ij}^{\min}(V_d)$ [2].

Оптимизация проверки работы обучающимся при ограничении на общее время и при условии, что каждая задача ПУН решается на j -ом уровне ИОС только один раз, осуществляется в виде:

$$P_{ij}^*(V_d) = \min_{ij} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \lambda_{ij} P_{ij}(V_d) \quad (4)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} V_{ij} \leq T_3; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \lambda_{ij} n_{ij} T_{ij} P_{ij}(V_d) \leq n_{ij}^*; \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^J P_{ij}(V_d) = 1; \quad i = \overline{1, I}; \quad j = \overline{1, J};$$

$$P_{ij}(V_d) = (0, 1),$$

где n_{ij} – количество вариантов решения i -й задачи на j -ом уровне РЭО.

Такое представление задачи ПУН в РЭО позволяет осуществить поиск ее решения на основе дерева ветвления. С этой целью подмножества первого уровня разбиения формируются путем фиксирования соответствия первой задачи различным вариантам ее решения ($P_1, P_2, \dots, P_{j_1}, \dots, P_j$). Множество P_{j_1} включает в себя все варианты, где первая задача решается на j_1 первом уровне элементов РЭО, а разбиение остальных задач по уровням произвольное. Аналогично, множество второго уровня формируется, фиксированием соответствия второй задачи различным вариантам решения. Множество $P_{j_1 j_2}$ включает в себя варианты решений, где первая задача решается на j_1 первом уровне, вторая задача на j_2 втором уровне, а остальные задачи имеют произвольное распределение по уровням и т.д.

Для каждого из подмножеств (вершин дерева) строится оценка целевой функции и ограничения. Общее выражение оценки целевой функции $P_{j_1 j_2 \dots j_i \dots j_l}$ для множества вариантов V_d с учетом [2,3] строится в виде:

$$P_{ij}^*(V_{j_1 j_2 \dots j_i \dots j_l}) = \sum_{i \leq l} \lambda_{ij} P_{ij}(V_d) + \sum_{i > l} \min_j \lambda_{ij} P_{ij}(V_d), \quad (7)$$

а общее выражение для оценки ограничения:

$$T_{ij}^*(V_{j_1 j_2 \dots j_i \dots j_l}) = \sum_{i \leq l} \lambda_{ij} T_{ij} + \sum_{i > l} \min_j \lambda_{ij} T_{ij}, \quad (8)$$

где: $j_1, j_2, \dots, j_i, \dots, j_l$ – множество программно-аппаратных средств, назначаемых в ИОС для решения соответствующих задач $i = 1, 2, \dots, i, \dots, l$.

Оценка для функции ограничения (8) необходима для исключения из процесса распределения множества заранее не подходящих вариантов решения с учетом ограничения на общее время решения задачи $1, 2, \dots, i, \dots, l$.

4. Структура модели ИОС

Модель ИОС представляет результат процесса конструирования модели реального РЭО и постановки вычислительных экспериментов на этой модели с целью обучения отработки способов принятия решений по ПУН на объекте. Она состоит из совокупности реализованных в виде программных модулей, процедур и алгоритмов, описывающих поведение и взаимодействие элементов РЭО, структурно отображая множество его возможных конфигураций неисправностей (см. рисунок 1).

Основу построения модели ИОС составляет применение принципа редукции функциональных структур, заключающегося в том, что составляющие процесс новые структуры ПУН могут быть по определенным правилам заменены эквивалентными по параметрам единицами функционирования. Использование принципа позволяет не вводить новые модули в модель процесса функционирования РЭО в случаях, когда одна типовая функциональная структура является составной частью другой.

Анализ возможности построения ИОС на основе традиционных аналитических методов наталкивается на значительные трудности, обуславливающие необходимость упрощения моделей. Исходя из этого, одновременно с построением аналитических моделей осуществляется моделирование в структуре ИОС характеристик облика (состава, технических параметров и алгоритмов функционирования) РЭО с помощью имитационных моделей. Имитационное моделирование, как метод исследования характеристик процесса функционирования РЭО, используется в ИОС для повышения быстродействия и памяти ЭВМ, развития математического обеспечения, совершенствования базисов данных и периферийных устройств для организации ее диалогового режима функционирования.

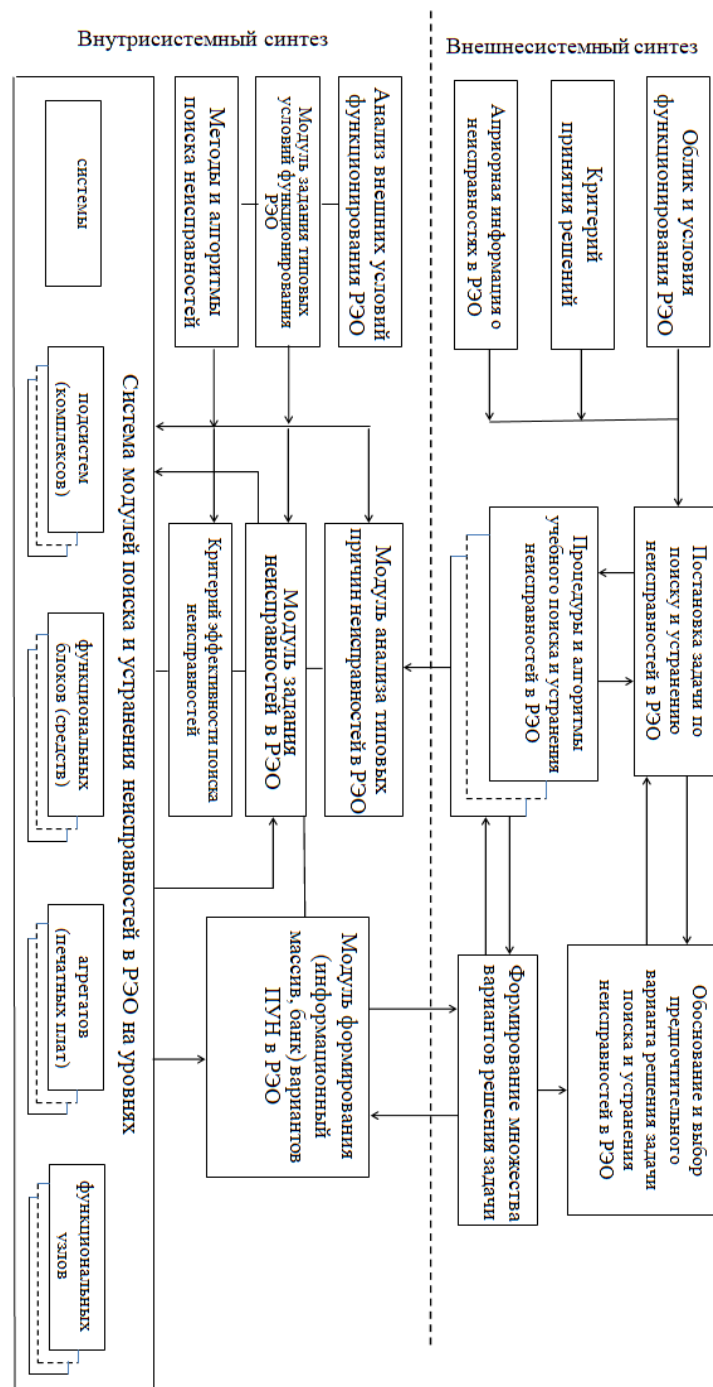


Рисунок 1. Обобщенная схема структуры модели ИОС по поиску и устранению неисправностей в сложных РЭО

Построение модели ИОС, позволяющей на основе использования математических методов осуществить преобразование информации, составляет основу анализа текущего состояния РЭО и траектории ее изменения в результате применения тех или иных действий по ПУН. Модель

ИОС отражает функциональную, структурную и информационную составляющие модели РЭО.

Функциональное представление ИОС определяет способ реализации ею решений по управлению на множестве функциональных элементов и отношений между ними, обеспечивающих исследование структуры РЭО

**ОСНОВУ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИОС СОСТАВЛЯЕТ УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ СВЯЗИ С
МОДЕЛИРУЕМЫМ ТЕМ ИЛИ ИНЫМ КОНКРЕТНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ РЭО, СВОЙСТВ
(ВОЗМОЖНОСТЕЙ) ЭЛЕМЕНТОВ, ЗАВЕРШЕННОСТЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ И СОСТАВ
МАССИВА ДАННЫХ, ИСХОДЯ ИЗ АНАЛИЗА ФУНКЦИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ ЕГО
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

(каждый функциональный элемент реализует определённую часть общей задачи РЭО).

Структурное представление ИОС обеспечивает выявление структуры иерархических элементов РЭО, под которыми понимается состав и связи функциональных подсистем, номенклатура, количество и размещение средств каждой подсистемы. Подсистемы обеспечивают реализацию отдельных относительно самостоятельных функций в составе общего процесса преобразования информации.

Основу ИОС составляет информационная модель, обеспечивающая системное представление процесса обучения ПУН. Она обеспечивает параметрическое описание процессов циркуляции информации, подлежащей обработке в интересах обеспечения процесса принятия решений

обучающимися при решении тех или иных задач. Основными элементами модели являются модули анализа условий функционирования (задания) РЭО, анализа типовых причин появления неисправностей в процессе функционирования РЭО, анализа и задания неисправностей в структуре РЭО, системы методик (модулей) ПУН на иерархических уровнях РЭО, модуля формирования информационного массива (банка) вариантов ПУН, точки диалога и параметрические связи.

Модуль задания неисправностей в РЭО на уровне информационной модели ИОС представляется «черным ящиком» с целью задания параметров управляющих воздействий для формирования тех или иных неисправностей в точках диалога. Модуль информационного массива данных представляется связанным с совокупностью параметров, одновременно перемещаемых или хранимых при функционировании информационной модели ИОС. Точки диалога являются узлами (вершинами) информационной модели, в которых осуществляется взаимодействие между обучающимися и элементами РЭО. Параметрические связи устанавливают направления переноса информации между отдельными элементами информационной модели ИОС. Структура информационной модели описывается направленным графом.

Описание функционирования информационной модели состоит из описания функций, выполняемых в вершинах графа, и описания циркуляции информации во времени.

Процессы принятия решений в ИОС по изменению состояния моделируемого РЭО в процессе ПУН имеют достаточно выраженный циклический характер. Поэтому циркуляция информации в информационной модели рассматривается в пределах одного цикла с переносом описания на все последующие. Возможные отличия различных циклов принятия решения указываются в описании как особенности применения ИОС.

Основу информационной модели ИОС составляет учет особенностей связи с моделируемым тем или иным конкретным элементом РЭО, свойств (возможностей) элементов, завершенность параметрических связей и состав массива данных, исходя из анализа функций и особенностей его функционирования. Также учитываются возможности ЭВМ для минимизации числа параметрических связей и точек диалога. Модель обеспечивает синхронизацию действий преподавателя и обучаемого, находящего отражение в математических и программных модулях. Например, моделируется одна задача принятия решения по ПУН на каком-либо уровне РЭО. В этом случае построение информационной модели начинается с уточнения целей верхнего в иерархии элементов РЭО, который на графе информационной модели представляется точкой диалога. Далее находится множество информационных массивов данных и составов параметров каждого из них. Значение каждого параметра определяется в результате работы данного уровня. Эти значения являются управляющими параметрами, ведущими к достижению целей принятия решений. После этого определяется множество информационных массивов, содержащих исходные данные, необходимые для получения требуемых результатов.

В ИОС анализ всех циркулирующих в РЭО информационных потоков для достижения целей обучения является практически нерешаемой задачей. Исходя из этого в ИОС рассматривается применение единичных

**ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИОС
ОТРАЖАЕТ ИЕРАРХИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ
ПУН В РЭО С УЧЕТОМ НЕОБХОДИМОГО
ЧИСЛА ОБУЧАЮЩИХСЯ И
МАКСИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНЬЮ
АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ**

контуров обучения, как части общего процесса циркуляции информации, связанных с достижением только одной цели моделирования ПУН в РЭО. Выделение одной цели обучения существенно снижает сложность анализа ПУН в этой части РЭО.

Основу модели ИОС составляет деление всего контура обучения ПУН в РЭО на множество единичных контуров обучения. Данный процесс основывается на последовательном анализе цели обучения. Если простейший контур обучения ПУН в РЭО поддается формализованному описанию и последующему моделированию, то он является единичным и для него строится информационная модель. Если же его формализовать невозможно, то продолжается деление этого контура обучения на более простые. При этом появляются новые точки диалога, в каждой из которых выполняется определенная функция по достижению основной цели обучения. Для каждой цели обучения этот процесс заканчивается формированием системы иерархически связанных единичных контуров обучения ПУН, связанных с соответствующим иерархическим контуром управления, информационного обеспечения или исполнения РЭО.

Информационные модели единичных контуров обучения ПУН технологически являются промежуточными; на их базе строится информационная модель всей ИОС. Синтез информационных моделей единичных контуров обучения ПУН в информационную модель ИОС состоит в выделении подмножеств, имеющих общую точку диалога. Если объединение функций обучения множества одноуровневых единичных контуров в одном управляющем звене РЭО невозможно, то это множество делится на подмножества с разными точками диалога и процесс повторяется для каждой из них.

Информационная модель ИОС отражает иерархическую структуру ПУН в РЭО с учетом необходимого числа обучающихся и максимальной степени автоматизации переработки информации. При таком подходе ИОС приобретает способность к ведению диалога с обучающимися. Точки диалога являются единственным местом информационной модели ИОС, в котором возможности обучающихся объединяются с возможностями программно-аппаратных средств. Возможные корректировки информационной модели определяются в процессе проверки её адекватности моделируемому РЭО, а также на этапе построения математической модели.

Такой подход к синтезу ИОС позволяет обеспечить разработку структуры информационных моделей и соответствующих им программно-аппаратных решений и средств.

5. Заключение

В качестве вывода необходимо отметить, что предложенный подход обеспечивает решение задачи синтеза ИОС в целях подготовки специалистов по эксплуатации различного типа и сложности РЭО на этапах овладения оптимальными способами поиска и устранения неисправностей на основе оптимального распределения временного и программно-аппаратного ресурса на иерархических уровнях моделируемых объектов. **iea**

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мистров Л.Е., Белоцерковский О.А. Модель формирования вариантов решений в информационно-обучающих системах по поиску неисправностей в сложных радиоэлектронных объектах // Научные труды. – 2018. – №2. – С. 28-35.
2. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем. – Л-д.: Энергоиздат, 1982. – 287 с.
3. Мистров Л.Е. Основы концептуального синтеза системы информационной безопасности для обеспечения конфликтной устойчивости взаимодействия социально-экономических организаций // Машиностроитель. – 2014. – №9. – С. 2-13.

SYSTEM-TECHNICAL BASES OF SYNTHESIS OF DECISIONS OF JUDICIAL-HANDBOOK EXAMINATION

Mistrov Leonid E., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Central Branch of FSBEI HEI "RSUE",
Voronezh

Belotserkovsky Oleg A., Associate Professor, VUNC Air Force "VVA", Voronezh

They are proposed in the form of a reduction principle, physical and mathematical formulation, model and method of the basis for the synthesis of information and training systems to ensure the search and Troubleshooting of complex radio-electronic objects. The authors draw attention to the fact that due to insufficient attention to the problem of synthesis of information-learning systems in this domain emerged and constantly deepening contradiction between the possibilities of realization of information processes of learning and present practice of search and Troubleshooting in specific electronic structures of objects resulting methodological gap between required and existing levels of quality of education. To overcome it requires a specific radio electronic facilities, development of methodical approaches to solution of this problem and conducting research to improve software, hardware and architecture, information and training systems based on the synthesis of multi-criteria decision-making models of management of the learning process. In conclusion, it is noted that the proposed approach provides a solution to the problem of synthesizing information and training systems in order to train specialists in the operation of various types and complexity of radio-electronic objects at the stages of mastering the optimal ways of Troubleshooting based on the optimal distribution of time and hardware and software resources at hierarchical levels of simulated objects.

Key words: electronic object, information and training system, troubleshooting, method, efficiency, modeling, decision making.

REFERENCES:

1. Mistrov L.Ye., Belotserkovskiy O.A. Model' formirovaniya variantov resheniy v informatsionno-obuchayushchikh sistemakh po poisku neispravnostey v slozhnykh radioelektronnykh ob"yektakh [A model for the formation of decision options in information-training systems for troubleshooting in complex radio-electronic objects] // Naukoyemkiye tekhnologii [High-tech]. – 2018. – №2. – pp. 28-35.
2. Denisov A.A., Kolesnikov D.N. Teoriya bol'shikh sistem [Theory of large systems]. – L-d.: Energoizdat, 1982. – 287 p.
3. Mistrov L.Ye. Osnovy kontseptual'nogo sinteza sistemy informatsionnoy bezopasnosti dlya obespecheniya konfliktnoy ustoychivosti vzaimodeystviya sotsial'no-ekonomicheskikh organizatsiy [Fundamentals of the conceptual synthesis of the information security system to ensure the conflict stability of the interaction of socio-economic organizations] // Mashinostroitel' [Mashinostroitel]. – 2014. – №9. – pp. 2-13.