***На правах рукописи***

**Попов Геннадий Александрович**

**Алгоритмическое обеспечение базы знаний автоматизированной системы управления освоением радиотехнических средств**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими

процессами и производствами (образование)

***Автореферат***

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2006

Работа выполнена в Институте информатизации образования Российской академии образования в лаборатории проблем информатизации профессионального образования.

**Научный руководитель:** кандидат технических наук,

старший научный сотрудник

**ЛЫСОГОРСКИЙ Владимир Светозарович**

**Официальные оппоненты**: доктор технических наук, профессор

**Зайцев Александр Владимирович**

кандидат технических наук, доцент

**Шаров Дмитрий Александрович**

Ведущая организация: **4-й Центр боевого применения и переподготовки**

**летного состава (г. Липецк)**

Защита состоится 29 декабря 2006 г. в 1400 на заседании диссертационного совета К 008.004.01 в Институте информатизации образования Российской академии образования по адресу: 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института информатизации образования Российской академии образования

Автореферат разослан «28» ноября 2006 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

кандидат технических наук

старший научный сотрудник В.С. Лысогорский

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время при подготовке специалистов для авиации и, в частности, для системы радиотехнического обеспечения (РТО) аэродромов существует проблема, суть которой состоит в том, что уровень освоения указанных систем личным составом зачастую не соответствует требуемому уровню, необходимому для эффективного применения радиотехнических средств (РТС) по назначению.

Попытки решить эту проблему путем организации дополнительного обучения личного состава как путем проведения специальных сборов (вне места постоянной дислокации подразделений РТО), так в месте постоянной дислокации в настоящее время оказались малоэффективными. Причиной тому является специфика функционирования системы РТО, связанная, в частности, с большой территориальной разобщенностью подразделений РТО, их малочисленностью и большой текучестью личного состава, а также отсутствием в подразделениях РТО технических средств, позволяющих личному составу самостоятельно, в автоматизированном режиме осваивать РТС.

В тоже время современный уровень развития информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) позволяет на основе формирования специальных баз знаний предметной области создавать автоматизированные системы освоения личным составом человеко-машинных систем, к которым относятся РТС.

Однако в результате недостаточного изучения реальных РТС, как человеко-машинных систем, существует серьезный пробел в знаниях об их поведении, состоящий в недостаточной изученности влияния человека на эффективность их применения по назначению. Анализ эффективности применения РТС по назначению позволяет сделать вывод о том, что указанная эффективность напрямую зависит от уровня их освоения личным составом. Данный факт ставит перед разработчиками систем автоматизированного освоения РТС задачу исследовать влияние личного состава на эффективность функционирования РТС, с целью формирования путей, позволяющих определить требуемый для эффективного применения РТС по назначению уровень их освоения личным составом, а также привести существующий уровень освоения РТС в соответствие с требуемым. Это, в свою очередь, требует развития теории и практики синтеза автоматизированных технологий освоения РТС, позволяющих реализовать процесс автоматизированного освоения, как отдельных подсистем, так и РТС в целом.

Решить задачу обеспечения требуемого уровня освоения личным составом РТС возможно, путем создания автоматизированной системы управления освоением РТС (АСУО РТС). Ее отличительной особенностью является наличие подсистемы, работающей со специальными знаниями предметной области и позволяющей вести освоение личным составом РТС с учетом его должностного предназначения, имеющегося уровня освоения РТС, а также индивидуальных особенностей по восприятию информации. Основу подсистем, работающих со специальными знаниями предметной области, составляет база знаний (БЗ). Для её формирования и использования необходима разработка соответствующего алгоритмического обеспечения БЗ для АСУО РТС на основе широкого использования ИКТ.

Вопросы использования информационных и коммуникационных технологий в целях совершенствования системы подготовки специалистов различного профиля, в том числе и технического, рассматривались в трудах многих ученых. Аспекты совершенствования автоматизированного обучения исследовали И.В. Роберт, В.И. Громыко, К.К. Колин, А.Я. Соловьев, Б.А. Сазонов, О.А. Козлов, Ю.Г. Татур, С.А. Христочевский, А.А. Безбогов, В.Е. Дидрих, В.В. Алексеев, В.А. Малышев и другие специалисты. Исследованиям разработки баз знаний посвящены труды таких ученых, как Л. Заде, А. Кофман, Э.В. Попов, Д.А. Поспелов, Н. Нильсон, А.Н. Борисов.

Однако непосредственно применить результаты перечисленных исследований для решения обозначенной проблемы затруднительно, в силу специфики процессов функционирования и освоения радиотехнических средств.

Анализ показывает, что основными методами освоения радиотехнических систем являются дополнительная специальная теоретическая и тренажная подготовки. Симбиозом проанализированных методов является комплексная (теоретическая и практическая) подготовка, включающая как процесс усвоения знаний, так и процессы формирования умений и закрепления навыков. Практическое отсутствие при теоретической подготовке возможности объективно проверить уровень знаний, а при тренажной подготовке – имеющийся уровень умений и навыков личного состава по применению РТС по предназначению в автоматизированном режиме является главным недостатком такой подготовки.

Анализ технических средств обучения используемых в процессе освоения личным составом РТС, показал, что в этой среде отсутствуют автоматизированные системы управления освоением радиотехнических систем. Отсутствие указанных систем не позволяет оперативно и объективно, с учетом должностного предназначения, оценить текущий уровень освоения личным составом РТС и, при необходимости, привести указанный уровень к требуемому с учетом индивидуальных особенностей личного состава по восприятию информации. Это обусловлено, прежде всего, отсутствием специальной базы знаний, позволяющей автоматизировать процесс освоения РТС. В свою очередь формирование специальной базы знаний для автоматизированной системы управления освоением РТС невозможно из-за несовершенства существующего алгоритмического обеспечения.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что научное исследование, направленное на разработку алгоритмического обеспечения БЗ для АСУО РТС, используемой для автоматизации процесса освоения личным составом радиотехнических средств в соответствии с его должностным предназначением и учетом индивидуальных особенностей является **актуальным.**

На основании проведенного выше анализа определена **проблемная ситуация**, сущность которой состоит в **противоречии между** *практической необходимостью* организации в подразделениях РТО автоматизированного освоения личным составом радиотехнических средств в соответствии со своим должностным предназначением на базе АСУО РТС, отличающейся наличием подсистемы работы со знаниями предметной области и обеспечивающей учет индивидуальных особенностей личного состава, и *отсутствием необходимого алгоритмического обеспечения*, позволяющего реализовать функции специальной базы знаний АСУО РТС в процессе освоения личным составом радиотехнических средств в соответствии со своим должностным предназначением.

Исходя из сформулированной проблемной ситуации, решаемая в диссертационной работе **научная задача** может быть определена как разработка алгоритмического обеспечения функционирования специальной базы знаний автоматизированной системы управления освоением РТС, предназначенной для автоматизации процесса управления освоением личным составом радиотехнических средств в соответствии со своим должностным предназначением.

**Объектом исследований** является автоматизированная система управления освоением РТС, а **предметом** являются методики алгоритмизации специальной базы знаний в автоматизированной системе управления освоением РТС.

**Целью диссертации** является повышение эффективности управления процессом автоматизированного освоения РТС путем разработки алгоритмического обеспечения специальной базы знаний автоматизированной системы управления освоением РТС.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

- анализ влияния человека на эффективность применения человеко-машинных систем, методов автоматизированного освоения РТС и реализующих их средств для выявления основных недостатков существующего в настоящее время процесса освоения РТС и определения путей их преодоления;

- разработка алгоритмов приобретения и пополнения знаний в специальной базе знаний АСУО РТС;

- разработка методики автоматизированного формирования учебно-тренировочных операций, обеспечивающей повышение дидактического потенциала специальной базы знаний АСУО РТС;

- формирование обобщенной структурной модели автоматизированной системы управления освоением радиотехнических систем, как основы для создания предметной АСУО РТС;

- оценка эффективности автоматизированного освоения личным составом радиотехнических систем с использованием разработанной АСУО РТС.

**Методы исследований.** В работе использовались методы общей теории систем, теорий искусственного интеллекта, управления, инженерной психологии, принятия решений, математической статистики, системного анализа.

**Научная новизна** результатов исследованийзаключается в разработке:

- алгоритма приобретения знаний в специальной базе знаний АСУО РТС, отличающегося применением стратегии разбиения на ступени, направленной на выявление структуры понятий предметной области с помощью сценария «Имя — Свойство»;

- алгоритма пополнения знаний в специальной базе знаний АСУО РТС, отличающегося наличием свойства адаптации к изменению внешней среды;

- методики автоматизированного формирования учебно-тренировочных операций, позволяющей формировать для каждого обучаемого индивидуальную совокупность учебно-тренировочных операций, позволяющих ему достичь требуемого уровня освоения РТС в соответствии со своим должностным предназначением, на основе содержащегося в специальной базе знаний учебного материала;

- обобщенной структурной модели автоматизированной системы управления освоением РТС, особенностью которой является наличие в ней специальной базы знаний, служащей для формирования модели управления процессом освоения РТС и выработки (выбора) воздействия на обучаемого с целью достижения им необходимого (заданного) уровня освоения указанной системы.

**Теоретическая значимость** диссертационной работы состоит в том, что в ней разработаны алгоритмы приобретения и пополнения знаний в специальной базе знаний АСУО РТС, разработана методика автоматизированного формирования учебно-тренировочных операций, разработана обобщенная структурная модель автоматизированной системы управления освоением РТС, как основа для создания предметной АСУО РТС.

**Практическая значимость** диссертационной работы обусловлена тем, что полученные в ходе проведения исследований результаты:

1. Позволили автоматизировать процесс освоения РТС курсантами Тамбовского ВВАИУРЭ (ВИ) и студентами военной кафедры Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики (государственного университета), при этом:

- разработанные автором алгоритмы позволили сформировать специальную базу знаний предметно-ориентированной АСУО РТС;

- предложенная автором методика автоматизированного формирования учебно-тренировочных операций, позволила значительно повысить качество освоения курсантами РТС,

2. Нашли свое отражение в утвержденных учебных программах дисциплин кафедр Тамбовского ВВАИУРЭ (ВИ) и МГИРЭА.

**Достоверность результатов**, полученных в диссертационной работе, подтверждается корректностью использования известных положений фундаментальных наук, сходимостью полученных теоретических результатов с данными экспериментов, а также с результатами исследований других авторов.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты исследования обсуждались на: XLVII научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук» (Москва, 2004 г.); VIII Всероссийской научно-технической конференции «Повышение эффективности методов и средств обработки информации на базе математического моделирования» (Тамбов, 2006 г.), XLIX научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук» (Москва, 2006 г.).

**Внедрение результатов исследований.** Исследования проводились в рамках НИР: тема № 30654, шифр «Эксплуатация-06» (Методические рекомендации по повышению качества технической эксплуатации и ремонта средств РТО полетов авиации), поданы 2 заявки на официальную регистрацию программ для ЭВМ.

Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы реализованы в учебном процессе Тамбовского высшего военного авиационного инженерного училища радиоэлектроники (военного института) и Московском государственном институте радиотехники, электроники и автоматики (государственном университете), что подтверждено актами об использовании результатов.

**Положения,** **выносимые на защиту:**

- алгоритм приобретения знаний в специальной базе знаний АСУО РТС, обеспечивающей первоначальное наполнение базы знаний специальными понятиями;

- алгоритм пополнения знаний в специальной базе знаний АСУО РТС, позволяющий автоматизировано или автоматически пополнять знания и уточнять имеющиеся в базе знаний понятия предметной области;

- методика автоматизированного формирования учебно-тренировочных операций, обеспечивающая генерирование данных операций в соответствии с индивидуальными особенностями обучаемых и должностным предназначением;

- обобщенная структурная модель АСУО РТС, являющаяся основой для разработки предметно-ориентированных систем автоматизированного управления освоением конкретных радиотехнических средств.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация имеет объем 144 страницы и состоит из списка сокращений, введения, четырех разделов, заключения, списка литературы (102 наименования).

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, дана краткая аннотация диссертации по разделам.

**В первом разделе** проведен системный анализ принципов построения, функционирования и освоения человеко-машинных систем. Даны основные термины и определения.

В частности, под термином «освоить» объект понимается изучить его и научиться с ним работать.

На основе представленной в литературе структуры человеко-машинных систем (рисунок 1) проведен ее анализ. Существующие человеко-машинные системы по своей структуре представляют собой иерархические структуры, в которых каждая подсистема и каждый ее элемент выполняют строго определенные функции, которые могут корректироваться только вышестоящей подсистемой.

Исполнительная подсистема

Управляющая

подсистема

Обеспечивающая

подсистема

Обслуживающая

подсистема

Координирующая

подсистема

Внешняя среда

Потребляющая подсистема

От системы более высокого уровня

Рисунок 1 – Общая структура человеко-машинной системы

Анализ назначения подсистем в общей структуре человеко-машинных систем позволил выделить исполнительную и управляющую подсистемы, которые являются центральными и наиболее сложными в системе, и тем самым определить границы части структуры человеко-машинных систем, которая должна исследоваться.

Наиболее длительный и важный этап жизненного цикла человеко-машинной системы – это применение ее по назначению (рисунок 2).

Совершенствование

Создание

Оценка

эффективности

Применение

Планирование

использования

Освоение

Ликвидация

Обслуживание

Обеспечение

системы

автоматизированного освоения систем

Применение по назначению

Рисунок 2 – Этапы жизненного цикла человеко-машинных систем.  
Фазы этапа применения человеко-машинных систем по назначению

Применять по назначению человеко-машинные системы без участия человека невозможно, при этом эффективность применения человеко-машинных систем по назначению прямо зависит от уровня освоения человеком указанных систем. Поэтому первая фаза применения человеко-машинных систем по назначению – «освоение» имеет решающее значение.

Применяемые в настоящее время при решении задачи повышения эффективности освоения радиотехнических средств, как человеко-машинных систем, технические средства обучения имеют ряд существенных недостатков не позволяющих организовать полномасштабное автоматизированное освоение личным составом РТС.

На рисунке 3 представлены результаты анализа недостатков используемых в настоящее время для освоения РТС технических средств обучения (ТСО).

ТСО

Стратегия обучения

Представление материала

Модель специалиста

Материал представлен

статически, нет возможности оперативно изменять его

тематику, объем и структуру

Стратегия является

статичной относительно меняющейся ситуации

в процессе обучения

Невозможность

применения динамических моделей специалиста в процессе обучения

Рисунок 3 – Недостатки применяемых в настоящее время для освоения РТС технических средств обучения

Анализ недостатков существующих и используемых в настоящее время для освоения радиотехнических средств ТСО показал, что организовать на их основе полномасштабное автоматизированное освоение личным составом РТС в соответствии с его должностным предназначением невозможно.

Проведенные в первом разделе исследования позволили обосновать вывод о том, что создание автоматизированных систем управления освоением РТС на основе специальной базы знаний предметной области позволит преодолеть основные недостатки существующих ТСО и обеспечит ведение процесса освоения РТС с учетом должностного предназначения личного состава в процессе применения РТС по назначению, текущего уровня освоения РТС личным составом, а также индивидуальных особенностей личного состава.

АСУО РТС должна иметь возможностью эффективной работы со знаниями предметной области. Так как БЗ занимает центральное место в АСУО РТС, то для ее создания необходимо ответить на важные вопросы. В первую очередь нужно определить алгоритмы формирования БЗ и методику ее использования в процессе автоматизированного освоения личным составом РТС.

Тогда структуру исследований можно представить следующим кортежем:

<Мз, Апр, Апз, Мсплв>, (1)

где Мз – модель представления знаний в специальной базе знаний АСУО РТС; Апр – алгоритм приобретения знаний; Апз – алгоритм пополнения знаний; Мсплв – модель структуризации правил логического вывода.

В результате исследований, проведенных в первом разделе, были сформулированы цель и задачи исследования.

**Во втором разделе** проведена разработка алгоритмов приобретения и пополнения знаний в базе знаний АСУО РТС.

На основании результатов анализа предметной области сделан общий вывод, что для формализации базы знаний АСУО РТС необходимо представлять знания преимущественно в виде сетей фреймов. Особенностью сети фреймов в БЗ является неоднородность отношений в сети.

Для реализации такой модели в БЗ применены неоднородные семантические сети, в которых вершины представляют собой множество упорядоченных пар типа «фрейм – отношение», а ребра – связи между фреймами, имеющие различные метки, обладающие различными алгебраическими свойствами, различной семантикой и, следовательно, различными процедурами интерпретации.

Приобретением знанийназывается подход, при котором посредником между источником знаний и базой знаний является компьютерная система. Этот подход реализуется при использовании в системе модели знаний в виде неоднородной семантической сети. Разработанный алгоритм этого процесса представлен на рисунке 4. В данном алгоритме (рисунок 4) Q – количество элементов в их множестве свойства Xi, N – множество натуральных чисел.

В результате такого взаимодействия база знаний наполняется понятиями и их признаками в соответствии с предметной областью. После такого наполнения производится выявление семантических связей между понятиями (рисунок 5).

Выявление связей из дерева выводов базируется на анализе отношений рефлексивности, симметричности и транзитивности. Типы связей и их свойства представлены в таблице 1. В таблице обозначены свойства: Rf – рефлексивность, Nrf – нерефлексивность, Arf – антирефлексивность, Sm – симметричность, Ns – несимметричность, Ans – антисимметричность, As – асимметричность (обращение связи дает иную связь), Tr – транзитивность, Ntr – нетранзитивность.

**Таблица 1 – Типы связей и их свойства**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер  класса | Тип связи (X, Y) | Каноническая форма | Свойство |
| 1 | Gen – генеративная  Sit – ситуативная  Neg – негативная | X является элементом Y  X находится в ситуации Y  X отрицает Y | Arf, Ns, Ntr  Arf, As, Tr  Arf, Sm, Ntr |
| 2 | Ins – инструментальная | X является средством Y | Nrf, Ns, Ntr |
| 3 | Com – коммутативная  Cor – коррелятивная | X сопровождается Y  X иногда увеличивает возможность Y | Rf, Ans, Tr  Rf, Sm, Ntr |
| 4 | Fin – финитивная  Cous – каузальная  Pot – потенситивная | X является целью Y  X вызывает Y  X может вызвать Y | Arf, Ns, Ntr  Nrf, Ns, Tr  Nrf, Ns, Ntr |

После первоначального наполнения базы знаний в процессе функционирования системы производится ее пополнение. В настоящее время основным методом пополнения знаний является прямой диалог с экспертом.

Начало

Имя понятия

Pi

Свойство

понятия Хi

∃Xi={xi,k}, .

<Pi, Xi>

{xi,k,j}, j⊆N

Перечисление элементов

Границы

диапазона

Единицы

измерения bi,k

Значение

хi,k,j

k=Q

Конец

Да

Да

Да

Нет

Нет

Нет

Новое понятие?

Да

Нет

Xi=I

Да

Нет

Рисунок 4 – Алгоритм приобретения знаний в базе знаний АСУО РТС

Arf

Ns

As

Nrf

Rf

Sm

Ans

Tr

Ntr

Ns

Ntr

Sm

Ntr

Ntr

Tr

Arf

Ntr

Nrf

Tr

Ntr

**Cous**

**Pot**

**Fin**

**Sit**

**Gen**

**Neg**

**Ins**

**Com**

**Cor**

F

T

D

Рисунок 5 - Дерево выводов типов связей

В разработанном алгоритме пополнения знаний (рисунок 6) Т – множество базовых элементов, S – множество синтаксических правил базы знаний, Sp – множество синтаксических правил понятия P, причем Sp⊂S.

Новое знание представляет собой собственно понятие, а также его синтаксические правила и предметную область его применения, определяемую по таблице истинности его общезначимой формулы. Кроме того, пополнение знаний осуществляется самой системой на основе имеющихся правил логического вывода новых знаний.

**В третьем разделе** разработана процедура структуризации правил логического вывода в базе знаний АСУО РТС, применение которой дает возможность организации пополнения знаний в БЗ без участия эксперта.

Целью процедуры структуризации отношений и правил логического вывода (правил принятия решений) следует считать построение морфологического пространства, содержащего структурированные утверждения и правила логического вывода вида

M = < Fri, Hf >, (4)

где Fri – множество всевозможных комбинаций правил логического вывода;

Hf = < H1f, H2f, …, H5f > – набор отношений, определенный на множестве Fri.

Совокупность отношений H1f – H5f последовательно выделяет на множестве существующих правил принятия решений такую совокупность правил {fi}ri, которая необходима для выбора искомого решения ri. Полученные результаты дают возможность заключить, что предложенная процедура структуризации отношений и правил принятия решений обеспечивает формирование совокупности моделей поэтапного упорядочения правил выбора для каждого решения ri.

Начало

Ввод имени

понятия P

Определение существенных признаков X\*

Выявление сходства

{xi}и {tj}k

Формирование

множества обобщенных признаков Y\*

Преобразование Y\* в элементы Z\*

Формирование взаимосвязей

между

элементами Z\*

Построение модели

P\*

P\*∈T

Определение синтаксических правил {Sp}

Проверка правил по аналогии

{Sp}= true

Составление общезначимой формулы F\*

Составление

таблицы истинности TF

TF = true

Определение

предметной области P\*

Вывод нового

знания

Конец

Да

Да

Да

Нет

Нет

Нет

Рисунок 6 – Алгоритм пополнения знаний в базе знаний АСУО РТС

Анализ литературы показал, что наличие функции автоматизированного формирования учебно-тренировочной операций (УТО) существенно расширяют возможности АСУО РТС, по автоматизации освоения личным составом РТС, в соответствии со своим должностным предназначением. Главная причина ограниченного применения функций автоматизированного формирования УТО заключается в отсутствии развитого инструментария управления специальной базой знаний, обеспечивающего реализацию функций автоматизированного формирования УТО без вмешательства эксперта, либо требующего его участия в минимальном объеме. Поэтому в работе большое внимание уделено разработке методики формирования УТО, позволяющей значительно повысить дидактический потенциал специальной базы знаний и в целом АСУО РТС.

Формирование УТО осуществляется на основе их моделей. На уровне, инвариантном к предметной области и виду осваиваемого объекта, модель УТО Mtпредставляет собой кортеж

Mt = <A, D, С, Ms, Msu, V, Vu, Mas, Ov, Oa>, (5)

где А – цель (что требуется от обучаемого, какую деятельность необходимо выполнить); D –исходные данные; С – ограничения, которые должны быть учтены при вы­полнении УТО; Ms –модель ситуации (в зависимости от назначения и вида АСУО РТС этот компонент может соответствовать моделям изуча­емого объекта, среды профессиональной деятельности и т.д.); Msu–информационная модель, описывающая способ пред­ставления Мs,а также средства оперирования ею в рамках системы; V – результаты (ответы); Vu –описание способа ввода результата; Мas – эталонная модель деятельности; Ov –функция оценивания результата; Оа –функция оценивания деятельности.

Компоненты A, Dи С соответствуют постановке задачина выполнение УТО.В модели ситуациивыделим три составляющие:

Ms=(S(Ms), V(Ms), I(Мs)),(6)

где S(Ms)–структура Мs; V(Ms)– значения параметров Мs; I(Ms) – интерпретация Мs*.*

Под формированием УТО,описываемой моделью Mt,понимается формирование варианта модели gen(Mt) путем определения значений ее переменных компонентов. Множество всех вариантов gen(Mt),которые могут быть сформированы, назовем замыканием модели операцииМzt,а количество элементов в нем (m) – мощностьюMt:

Мt = {gen(1)(Mt), gen(2)(Mt),..., gen(m)(Mt)}.(7)

Мощность относится к числу ключевых характеристик Mt.Другой ее важной характеристикой является степень разнообразия,отражающая то, насколько формируемые варианты УТО отличаются друг от друга. Типы формируемых УТОвыделяются на основе соотношения постоянных и переменных компонентов в их моделях. Допустимые комбинации, соответствующие типам формируемых УТО, перечислены в таблице 2. Плюс символизирует переменное значение, минус – фиксированное.

**Таблица 2 – Допустимые комбинации учебно-тренировочных операций**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип формируемой УТО | S(Ms) | V(Ms) | I(Ms) | A | C | Mas | V |
| 1 | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | - | + | + | + | + | + | + |
| 3 | - | + | - | + | + | + | + |
| 4 | - | + | - | + | - | + | + |
| 5 | - | + | - | - | + | + | + |
| 6 | - | + | - | - | - | + | + |
| 7 | - | - | + | + | + | + | + |
| 8 | - | - | - | + | + | + | + |
| 9 | - | - | - | + | - | + | + |
| 10 | - | - | - | - | + | + | + |
| 11 | - | - | - | - | - | + | + |
| 12 | - | - | - | - | - | + | - |
| 13 | - | - | - | - | - | - | + |

Таким образом, для формирования конкретных УТО необходимо наполнить модели (5), (6) содержанием предметной области, определить типы формируемых УТО, а после этого осуществить выбор наиболее рационального варианта УТО.

Анализ результатов исследований показывает, что в учебном материале, хранящемся в специальной базе знаний, могут использоваться разнообразные формализованные представления. Сложные базы знаний содержат формализованные представления, выраженные на искусственных языках. Так как подобные представления учебного материала носят формализованный характер, то возможно описать формальные правила их построения и обработки. Эти правила реализуются как в алгоритмах формирования УТО, так и в процедурах ввода и оценивания их результатов.

В диссертации в качестве основы для создания предметной АСУО РТС была разработана обобщенная модель автоматизированной системы управления освоением радиотехнических средств. Так как процесс обучения подчиняется общим принципам управления, то уравнение состояния системы автоматизированного обучения имеет вид:

 (8)

где x(t)– вектор прямой связи (ПС) компонентов содержания процесса освоения, заданий и вопросов, тестов, информирующих и корректирующих воздействий обратной связи (ОС); z(t) – результаты выполнения заданий, тестов, ответы на вопросы; y(t) – переменные состояния процесса освоения, состояния здоровья обучаемых и т.д.

Основываясь на приведенном выше подходе, обобщенную структурную модель автоматизированной системы управления освоением радиотехнических средств можно представить в виде, изображенном на рисунке 7.

Выработка реакции

на результат сравнения

(выбор воздействия)

Контроль качества процесса освоения

Блок

сравнения

Динамическая модель управления

освоением

Содержание процесса освоения

Процесс

освоения y(t)

Обучаемый

ПС

ОС

x(t)

z(t)

АСУО РТС

Специальная база знаний

Рисунок 7 – Обобщенная структурная модель АСУО РТС

**В четвертом разделе** представлены результаты оценки эффективности предметно-ориентированной АСУО РТС, реализованной в учебном процессе Тамбовского высшего военного авиационного инженерного училища радиоэлектроники (военного института). Для оценки эффективности применения АСУО РТС с БЗ, построенной на основе разработанного алгоритмического обеспечения, на кафедре эксплуатации радиотехнических средств (обеспечения полетов) Тамбовского ВВАИУРЭ (ВИ) был проведен учебный эксперимент. Цель эксперимента – оценивание эффективности применения компьютерных программ, входящих в предметно-ориентированную АСУО РТС, при освоении курсантами техники РТО на практических занятиях.

Оценка эффективности АСУО РТС была проведена в соответствии с известной методикой оценивания человеко-машинных систем. При проведении эксперимента курсанты 4-го курса факультета радиотехнического обеспечения (56 чел.) были разделены на две подгруппы: 1 – экспериментальную и 2 – контрольную. В экспериментальной группе обучение проводилось с применением АСУО РТС, в контрольной – традиционными методами.

На первом этапе эксперимента оценивалась степень усвоения теоретического материала. В качестве эталонной модели рассматривалась гибкая сеть понятий предметной области заданной глубины и мощности с фиксацией времени достижения требуемого уровня знаний (терминального элемента сети).

Для того чтобы оценить эффективность использования комплекса программных средств предметно-ориентированной АСУО РТС при изучении теоретического материала, в качестве показателя эффективности был выбран уровень знаний, количественно выраженный средним баллом.

Чтобы на выходе получить объективные результаты, обе подгруппы были поставлены в равные условия, т.е. одинаковыми были программа учебной дисциплины, состав обучаемых, вид занятий, день проведения занятий, преподаватель и способ опроса.

Успеваемость подгруппы в целом оценивалась по следующей формуле:

Y=, (9)

где m – число оцениваемых заданий; n – число курсантов; сji – оценка, полученная j-м курсантом за i-е задание.

Для удобства сравнения результатов эксперимента оценка по четырехбалльной шкале была отражена на шкалу 0…1.

Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Результаты учебного эксперимента**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Группы | Численность, чел. | Средний балл | Норм. оценка |
| Экспериментальная | 27 | 4,25 | 0,75 |
| Контрольная | 28 | 4,19 | 0,73 |

На втором этапе экспериментов оценивался уровень навыков обучаемых. Для его оценки была выбрана операция по настройке компенсирующего устройства РСП-6М2 КУ-011. Данная операция является нормативной, т.е. на ее выполнение дается определенное время, и последовательность действий строго определена. В качестве эталонной модели (модели штатной должности) использовался ориентированный граф выполнения операции с контролем функционирования и ограничением времени на его прохождение.

Сравнивая результаты контрольной и экспериментальной подгрупп, можно сделать следующие выводы:

- по безошибочности исполнения операции экспериментальная подгруппа превосходит контрольную на 15%;

- цели тренировки в контрольной подгруппе не достигают 10 % курсантов;

- среднее время выполнения операции в экспериментальной подгруппе меньше на 12 %.

Превосходство результатов экспериментальных подгрупп достигнуто, в том числе, за счет применения разработанной автором методики формирования УТО, а также алгоритмов приобретения и пополнения знаний, позволивших организовать эффективную работу АСУО РТС. В частности, это позволило увеличить количество тренировок в экспериментальной подгруппе в 2 раза.

График распределения времени выполнения операции в подгруппах представлен на рисунке 8.



1 – контр. подгруппа

2 – экспер. подгруппа

1

2

Количество

обучаемых, %

Время выполнения операции, мин

Рисунок 8 – График распределения времени выполнения операции

Кроме того, стоимость одного часа эксплуатации РСП-6М2 обходится примерно в 1000 руб. по ценам 2005 года. Работа же на одном автоматизированном рабочем месте АСУО РТС в течение одного часа стоит примерно 4 руб. Следовательно, отношение экономических затрат при использовании АСУО РТС к затратам при использовании РСП составляет 1/250.

Таким образом, результаты экспериментов показали, что применение АСУО РТС в учебном процессе повышает практическую эффективность на 14%.

**В заключении** отражены основные результаты диссертационной работы.

***Iби4***

***Iби3***

***L10***

***L9***

**Основные выводы.** Основным результатом диссертационной работы является разработка алгоритмического обеспечения специальной базы знаний автоматизированной системы управления освоением радиотехнических средств, предназначенной для подготовки квалифицированных специалистов по эксплуатации радиотехнических средств. Выводы по диссертационной работе и полученные в ней научные результаты можно обобщить следующим образом:

1 Анализ влияния человека на эффективность применения человеко-машинных систем, недостатков существующих и применяемых в настоящее время для освоения РТС технических средств обучения и позволил определить путь их преодоления, заключающийся в создании автоматизированной системы управления освоением РТС, отличающейся наличием подсистем работы со знаниями предметной области, позволяющей вести процесс освоения РТС с учетом существующего уровня освоения РТС личным составом, индивидуальных особенностей личного состава, а также его должностного предназначения в процессе применения РТС по назначению.

2 Разработанные автором алгоритмы приобретения и пополнения знаний в специальной базе знаний АСУО РТС, позволяют реализовать непосредственное приобретение знаний в БЗ, а также их пополнение с помощью реализованной в алгоритме стратегии разбиения на ступени и интерактивной интерпретации знаний.

3 Разработана методика автоматизированного формирования учебно-тренировочных операций. Технологическое решение данной задачи позволяет сформировать учебно-тренировочные операции для личного состава с учетом его текущего уровня освоения РТС, индивидуальных особенностей по восприятию информации, а также его должностного предназначения при использовании РТС по предназначению, что обеспечивает значительное повышение потенциальных дидактических возможностей АСУО РТС*.*

4 Проведено обоснование и разработана обобщенная структурная модель автоматизированной системы управления освоением радиотехнических средств. Отличительной особенностью является наличие в ней специальной базы знаний конкретной предметной области, служащей для формирования модели управления процессом освоения радиотехнического средства и выработки (выбора) воздействия на обучаемого с целью доведения существующего у него уровня освоения радиотехнического средства до требуемого.

5 Эффективность применения АСУО РТС в процессе управления освоением радиотехнических средств подтверждена результатами учебного эксперимента. Анализ результатов эксперимента показал, что использование таких систем повышает эффективность освоения радиотехнических средств на 14 – 19 %. Эффект от внедрения разработанных программных средств получен за счет совершенствования методики управления процессом обучения, а также за счет экономии ресурса реальной техники.

**ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Публикации в рецензируемых журналах ВАК**

1. Попов, г.а. Представление знаний в базах знаний в автоматизированных системах управления образовательного назначения / Г.А. Попов // Системы управления и информационные технологии. – 2006. - № 1.2(23). – С. 268-271.

**Другие публикации результатов работы**

1. Попов, Г.А. Правила выбора модели знаний в базах знаний систем образовательного назначения / Г.А. Попов // Материалы XLVII научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук», 26–30 нояб. 2004 г.: труды конференции – М: МФТИ, 2004. – Ч. Х. – С. 35 – 36.
2. Попов, Г.А. Представление знаний в экспертных системах военного назначения / В.C. Лысогорский, Г.А. Попов // Материалы XLVII научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук», 26–30 нояб. 2004 г.: труды конференции – М: МФТИ, 2004. – Ч. Х. – С. 31 – 34.
3. Попов, Г.А. Извлечение знаний в автоматизированной системе управления образовательного назначения / Г.А. Попов // VIII Всероссийская научно-техническая конференция «Повышение эффективности методов и средств обработки информации на базе математического моделирования», 26–28 апреля 2006 г.: материалы докладов. – Тамбов: ТВВАИУРЭ, 2006.– Ч. 2.– С. 161-166.
4. Попов, Г.А. Метод структуризации отношений и правил логического вывода в базе знаний интеллектуальной системы образовательного назначения / В.С. Лысогорский, Г.А. Попов // VIII Всероссийская научно-техническая конференция «Повышение эффективности методов и средств обработки информации на базе математического моделирования», 26–28 апр. 2006 г.: материалы докладов. – Тамбов: ТВВАИУРЭ, 2006. – Ч. 2. – С. 167-172.

6 Попов, Г.А. [Описание состояния сложного технического объекта с помощью гибридной нейронной сети](http://www.mfti.ru/nauka/conf49/z49/fvo/m_2oes0f.pdf) / Канушкин с.в., Коробков С.П., Попов Г.А., Чернобрывка В.В. // Материалы IXL научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук», 27–29 нояб. 2006 г.: труды конференции – М: МФТИ, 2006. – Ч. Х. – С. 41.

**---------------------------------------------------------------------------------------------------------------**

Российский портал информатизации образования [содержит: законодательные и нормативные правовые акты государственного регулирования информатизации образования, федеральные и региональные программы информатизации сферы образования, понятийный аппарат информатизации образования, библиографию по проблемам информатизации образования, по учебникам дисциплин цикла Информатика, научно-популярные, документальные видео материалы и фильмы, периодические издания по информатизации образования и многое другое.](http://portalsga.ru)

