

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
КИЕВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

На правах рукописи

ПЕТРАШЕВСКИЙ Олег Львович

УДК 629.735.083

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Специальность 05.22.14 - Эксплуатация воздушного  
транспорта

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

КИЕВ-1993

11820273

Работа выполнена на кафедре эксплуатации и ремонта бортового радиоэлектронного оборудования Киевского института инженеров гражданской авиации

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00810634 (M)

- Научный консультант - Заслуженный деятель науки и техники Украины, доктор технических наук, профессор ИГНАТОВ В. А.
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Михалочкин Н. А.
- доктор технических наук, профессор Сердюк Г. В.
- доктор технических наук, профессор Черненко Л. С.
- Ведущая организация - Украинское объединение гражданской авиации "Авиалинии Украины"


Защита состоится 29 октября 1993 года в 15.00 часов на заседании специализированного совета Д 072.04.01 при Киевском институте инженеров гражданской авиации по адресу: 252058, Киев-58, пр. Космонавта Комарова, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского института инженеров гражданской авиации.

Отзывы на автореферат диссертации в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, высылаются по тому же адресу.

Автореферат разослан 26 сентября 1993 года.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
доктор технических наук

  
Н. Ф. Дмитриченко

Актуальность темы. Научно-технический прогресс в гражданской авиации представляет собой комплексный процесс научных исследований, технического освоения и эксплуатации не только современных и перспективных воздушных судов, но и исследования с целью совершенствования непосредственно самой системы управления эксплуатацией авиационной техники (УЭ АТ). Основную роль в требованиях модернизации системы УЭ АТ сыграл переход на прогрессивную стратегию эксплуатации авиационной техники по состоянию, что привело к актуализации анализа и синтеза информационной инфраструктуры эксплуатации АТ, составляющей неотъемлемую часть системы ЭАТ. Эффективность управления процессами использования по назначению, технического обслуживания и ремонта (ТОиР) авиационной техники в значительной степени зависит от реализации информационного обеспечения (ИО) ЭАТ на основе рациональных методов информологии и теории эксплуатации АТ. Поэтому естественно требовать от системы ИО, представляющей собой совокупность информационных носителей и находящихся в них семантических элементов информации о техническом состоянии и событиях эксплуатации авиационной техники, а также методов, средств и процессов их формирования, передачи, сбора, обработки, хранения, выдачи и использования, способности выполнять логико-аналитические и логико-синтетические операции по управлению ЭАТ превосходящие по своей эффективности потенциальные возможности каждого эксплуатанта АТ в отдельности. Методологическая основа подобного подхода к синтезу системы информационного обеспечения УЭ АТ лежит в области теории искусственного интеллекта, поскольку интеллектуализация информационных систем позволяет использовать декларативные формы представления знаний об области предметной деятельности, в частности, по управлению эксплуатацией авиационной техники. В совокупность взаимосвязанных методологических задач интеллектуализации информационных функций входят: определение классификационных признаков проектируемой системы информационного обеспечения, исходя из системной парадигмы ИО (оповещательная, обслуживающая, советующая); построение концептуальных и формальных моделей проблемных областей (ПО) УЭ АТ; классификация видов знаний об областях предметной деятельности (ОПД); структуризация баз концептуальных и фактуальных знаний интеллектуального информационного обеспечения (ИИО) управления эксплуатацией авиационной техники на основе логико-лингвистических моделей и терминологии

гической системы ИЮ. В подобной постановке разработка методологической последовательности, позволяющей реализовать инженерные методы анализа и синтеза интеллектуального информационного обеспечения УЭ АТ, представляет собой научную проблему, имеющую важное теоретическое и практическое значение в развитии теории ЭАТ и достижении эффективности эксплуатации воздушного транспорта.

Цель работы заключается в разработке методологического подхода к анализу и синтезу систем информационного обеспечения управления эксплуатацией авиационной техники, определяемым системными парадигмами оповещения, обслуживания или советования, в их практической реализации ручного, автоматизированного или интеллектуального ИЮ. Для достижения цели исследования потребовалось поставить и решить следующие задачи:

разработать принципы построения системы интеллектуального информационного обеспечения УЭ АТ;

выполнить содержательный анализ и идентификацию области предметной деятельности по управлению ЭАТ;

оценить информационные потребности, возникающие в процессе УЭ АТ, и разработать критерии репрезентативности ИЮ;

теоретически обосновать методiku формализации проблемных областей УЭ АТ и информационного обеспечения;

выполнить идентификацию, построить концептуальные и формальные модели структурированных и слабоструктурированных процессов ОПД управления ЭАТ;

разработать структуру баз концептуальных и фактуальных знаний проблемных областей УЭ АТ;

провести обобщение и представить вариант терминологической системы ИЮ;

разработать инженерные методики реализации баз знаний интеллектуального ИЮ конкретных областей предметной деятельности по УЭ авиационной техники.

Методы исследований базируются на аппарате теорий искусственного интеллекта, концептуального проектирования, математической логики и логической семантики, теории возможностей (нечетких множеств), имитационного моделирования.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые разработана классификация информационного обеспечения УЭ АТ по признакам системности, автоматизации и интеллектуализации информационных функций, структура концепции интеллектуализации ИЮ, метод функционально-структурной идентификации областей предметной деятельности УЭ АТ и ИЮ, метод синтеза логико-линг-

вистических моделей структурированных и слабоструктурированных проблемных областей ЭАТ, классификация концептуального и фактуального знаний ОПД управления эксплуатацией АТ, структура баз концептуального (КЗ) и фактуального знаний (ФЗ).

На основе классификации ИО доказана перспективность систем интеллектуального информационного обеспечения УЭ АТ и сформулирована проблема интеллектуализации ИО. Для однозначного семантического подхода к терминам ИИО сделан ряд определений базовых понятий прагматики ОПД УЭ АТ. Эмпирически оценено функциональное влияние информационного обеспечения на характеристики системы эксплуатации авиационной техники. Разработан метод концептуального отображения и формальной аппроксимации категорий систем УЭ АТ и ИО, на основе которого построены КМ и ФМ элементов систем в виде неформальной и формальной аксиоматических теорий. Определены и формализованы проблемные области УЭ АТ, эпистемологические модели категорий информационного обеспечения: процедур, элементов, структур, состояний и т. п.

В логико-лингвистической форме представлены аксиомы, теоремы и гипотезы процессов диагностирования АТ, управления надежностью авиационной техники, послужившие основой для структурирования баз четких и нечетких знаний проблемных областей ЭАТ. Предложены критерии репрезентативности информационного обеспечения, разработаны аналитические выражения для расчета этих показателей. Полученные результаты послужили теоретической основой для разработки декларативных и процедурных описаний процесса диагностирования АТ на примере авиадвигателя НК-8-2У в продукционном виде и в форме правильно построенных формул алгебры предикатов. С использованием нечетких логико-лингвистических моделей представлен суб'ективный алгоритм выбора стратегий ЭАТ по состоянию и проведено имитационное моделирование для оценки действенности методологического подхода.

Совокупность результатов, полученных в диссертационной работе, может квалифицироваться как теоретическое обобщение раздела теории эксплуатации воздушного транспорта, позволившее решить крупную научную проблему по формированию методологии интеллектуализации информационного обеспечения управления эксплуатацией авиационной техники.

Практическая ценность работы заключается в возможности использования результатов как методологической последовательности разработки и исследования систем информационного обеспечения управления эксплуатацией авиационной техники с различными системными парадигмами (оповещения, обслуживания, советования).

Реализация результатов. Теоретические результаты, полученные в диссертационной работе, были использованы в процессе:

1. Разработки, внедрения, эксплуатации и модернизации:

информационного обеспечения подконтрольной эксплуатации систем и изделий самолетов Ту-134А и Ту-154 по состоянию в авиационно-технических базах Бориспольского, Ленинградского и Рижского эксплуатационных предприятиях (ЭП) ГА;

автоматизированных систем информационного обеспечения процессов контроля и управления техническим состоянием авиадвигателей НК-8-2У на парке самолетов Ту-154 МГА;

системы интеллектуального информационного обеспечения комплексной методики оценки и регулировки параметров авиадвигателя НК-8-2У в эксплуатации (МТ-0406-87) расчетно-советующего типа в авиационно-технической базе Екатеринбургского ЭП.

2. Разработки отраслевых документов:

регламента технического обслуживания авиационного и радиоэлектронного оборудования самолета Ту-134А, введенного в действие Указанием МГА от 25.12.80 N 657/У;

"Методических рекомендаций по системе информационного обеспечения деятельности лаборатории надежности и технической диагностики АТБ", введенных в действие Указанием МГА от 6.11.88 N 23.1.7-128, разделы;

2.1. Основные положения, термины и определения;

2.2. Порядок сбора, формализации, хранения и выдачи информации;

"Рекомендации (руководства) по организации контроля и диагностирования технического состояния самолета Ил-86", утвержденного Глав УЗАТ МГА 7.06.89;

"Положения о комплексной системе диагностирования изделий АТ с применением обмена информацией между эксплуатацией и ремонтом", введенного в действие Глав УЗАТ МГА 12.12.88.

3. Разработки технического задания на автоматизированную информационно-управляющую систему технической эксплуатации:

самолетов Ту-204 в условиях ЦТОиР (утверждено 11.11.90);

самолетов Ан-218 (внедрено в АНТК им. О. К. Антонова).

Суммарный подтвержденный экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы, приходящийся на автора, составляет 491 тыс. рублей в ценах 1990 года.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на 2 Международной научно-технической конференции "Методы управления системной эффективностью функционирова-

ния электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов" (Киев, 1993), на Всесоюзной научно-технической конференции (ВНТК) "Перспективы развития методов технической эксплуатации авиационной техники" (Киев, 1979), на ВНТК "Совершенствование методов технической эксплуатации авиационной техники" (Киев, 1984), на ВНТК "Статистические методы в теории передачи и преобразования информационных сигналов" (Киев, 1985), на ВНТК "Повышение эффективности эксплуатации машины и оборудования на основе стандартизации" (Горький, 1987), на ВНТК "Методология создания и опыт эксплуатации АСУ в гражданской авиации" (Рига, 1987), на ВНТК "Проблемы совершенствования процессов технической эксплуатации авиационной техники, инженерно-авиационного обеспечения полетов в условиях ускорения научно-технического прогресса" (Москва, 1988), на Всесоюзном совещании "Пути дальнейшего совершенствования технической эксплуатации авиационной техники" (Москва, 1989), на отраслевой научно-технической конференции (ОНТК) "Совершенствование методов обслуживания и ремонта авиационной техники" (Киев, 1987), на ОНТК "Системы информационного обеспечения эксплуатации авиационной техники" (Киев, 1988), на VIII внутривузовой научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в инженерно-техническом обеспечении полетов ГА" (Москва, 1989), а также на восьми научно-технических семинарах, проводимых республиканским домом экономической и научно-технической пропаганды (1982-91).

Публикации. По результатам исследований диссертационной работы опубликовано и депонировано 31 статья и рукопись. Основные результаты содержатся в работах, приведенных в списке публикаций автореферата.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения (что составляет 249 стр. основного текста, 67 стр. рисунков, 48 стр. таблиц), списка литературы (204 наименования) и приложений на 81 стр.

#### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ содержит общую характеристику проблемы, связанной с совершенствованием информационной инфраструктуры системы управления эксплуатацией авиационной техники, пути и методы ее решения.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ рассмотрены особенности проблемы ИО предметной деятельности управления эксплуатацией авиационной техники.

Переход к стратегии эксплуатации авиационной техники по состоянию, усложнившаяся элементная база изделий воздушных судов, высокие требования к эффективности и экономичности системы УЭ АТ вызывают необходимость внедрения в практику новых форм информационного обеспечения - ИС управления эксплуатацией АТ; реализуемых на базе современных методов и средств информационной технологии - автоматизации и интеллектуализации информационной инфраструктуры системы эксплуатации АТ. Актуальность и перспективность интеллектуализации ИО управления эксплуатацией АТ, под которой понимается процесс синтеза автоматизированного ИС и ряда экспертных систем (по отдельным проблемным областям УЭ АТ), работающих во взаимодействии с эксплуатантами АТ с целью усиления их интеллектуальных возможностей, исходят из целей:

устранения дисбаланса между сложным, динамическим характером управления ЭАТ и сокращающимися ресурсами времени на реализацию функций путем предоставления эксплуатанту АТ репрезентативного обеспечения -  $Rep\text{-}IS$ ;

повышения профессиональных интеллектуальных возможностей эксплуатанта АТ по управлению системой ЭАТ путем реализации экспертных систем его предметной деятельности.

Сказанное порождает проблему разработки и исследования методологии интеллектуализации ИО. Это объясняется необходимостью решения всех задач по интеллектуализации ИС на единой, эффективной и верифицированной методологической основе, охватывающей решение задач математико-экономического проектирования и аппаратно-программной реализации систем ИИО при всем многообразии вариантов назначения и применения данных систем в практике управления эксплуатацией АТ. Общие подходы к решению подобных проблем лежат в плоскости построения интеллектуальных систем общего назначения. Однако, конкретная предметная деятельность накладывает специфические условия и порождает свою проблематику. Особенность системы УЭ АТ состоит в том, что она являясь сложной антропотехнической системой и обладая всеми присущими таким системам свойствами имеет еще и индивидуальные, а именно:

значительность суб'ективных факторов, влияющих на процессуальные характеристики системы эксплуатации АТ;

отсутствие формальных моделей поведенческого плана суб'ектов ЭАТ;

отсутствие установившейся идеологии построения информационного обеспечения УЭ АТ не только в части интеллектуализации

функций информационных процессов поддержки управления системой, но и в области автоматизации процедур трансформации данных в пространстве и времени;

высокая степень иерархичности субъективных процедур принятия решений (уровень техника, инженера, начальника смены, главного инженера).

Отсюда исходят проблемы 2-го уровня детализации: содержательного анализа и конкретизации области предметной деятельности (ОПД); формализации выделенной ОПД в терминах УЭ АТ и ИО; выделения слабоструктурированных процедур управления эксплуатацией АТ на фоне общего многообразия процессов УЭ АТ; эффективной реализации иерархических баз знаний о системе управления ЗАТ как области предметной деятельности; верификация методологии интеллектуализации ИС. Конкретизация проблем дает основание поставить ряд задач, решение которых определяет методологические подходы к процессу интеллектуализации информационного обеспечения УЭ АТ. Перечень задач составляет 10 основных и 12 подзадач разработки и исследования методологии: выбор концепции интеллектуализации; оценка прагматических характеристик ОПД; выбор критериев  $Repr\text{IS}$  и др. Одной из наиболее актуальных задач является синтез терминологической системы (ТС) интеллектуального информационного обеспечения. Предлагаемый вариант ТС создан на основе логико-понятийного принципа построения терминологических рядов в табличной форме по объектам описания: общесистемные термины; термины функционирования ИО; термины элементной базы; термины топологии ИМО; процессуальные термины.

ВТОРАЯ ГЛАВА работы направлена на решение задач идентификации предметной деятельности и вербального описания проблемных областей управления эксплуатацией авиационной техники.

В процессе идентификации предметной деятельности по УЭ АТ на первом этапе проведен анализ прагматической характеристики ОПД. Декларативное описание целей управления, пространств состояний и управляющих воздействий, перечень критериев эффективности системы УЭ АТ -  $S_{ЗАТ}$  дало возможность представить  $S_{ЗАТ}$  в виде композиции семи контуров управления  $K_i$ : техническим состоянием АТ -  $K_1$ ; надежностью АТ -  $K_2$ ; производственной деятельностью по ТОиР -  $K_3$ ; использованием самолетов по назначению -  $K_4$ ; средствами ТОиР -  $K_5$ ; материально-техническим снабжением -  $K_6$ ; трудовыми ресурсами -  $K_7$ . Используя вербальное описание контуров конкретизируются функциональные доминанты в контурах - в целом функции управления  $E_i$ , функциональные компо-

ненты  $F_{i,j} \in E_i$  - реализующие задачи управления, и функциональные процедуры  $P_{i,j,k} \in F_{i,j}$  определяющие составные части задач управления эксплуатацией авиационной техники.

Анализ предметной деятельности и конкретика пространства функционального описания ОПД позволяют синтезировать структуру контуров управления ЭАТ -  $\text{St}K_i$ . Более подробный анализ структур показал наличие возможных проблемных областей - ту сферу предметной деятельности эксплуатанта АТ, которая связана с эвристикой и где возникают проблемные ситуации (ПС). Результаты идентификации ПС, обозначим их  $PS(F_{i,j})$  или  $PS(R_{i,j,k})$ , показали: при общем значительном перечне их можно аппроксимировать пятью проблемами с соответствующей логико-множественной интерпретацией.

1. Проблема распознавания (диагностирования)  $PS_1$ : к какому классу (кластеру) об'ектов (состояний, процессов, событий)  $D_m$  принадлежит описываемый наличной информацией I об'ект (состояние, процесс, событие)  $D_n(I)$

$$PS_1 \approx \forall n \exists m D_n(I) \subseteq D_m, m = \text{unk}. \quad (1)$$

2. Проблема принятия решений  $PS_2$ : каково пространство существования допустимых управляющих воздействий  $S_k$  и, судя по имеющейся информации I, какое конкретное УВ  $V_p(I)$  применить для наиболее эффективного управления Y об'ектом  $d \in D_n$

$$PS_2 \approx \left\{ \begin{array}{l} S_k \in S; \\ \exists p V_p(I) \in S_k \supset V_q \in S_k; q \neq p, \langle k, p \rangle = \text{unk} \end{array} \right. \quad (2)$$

3. Проблема планирования  $PS_3$ : в какой последовательности и с какой эффективностью  $W_j$ , соответственно временному периоду и информации о планируемой ситуации  $I(L_s)$ , осуществлять действия  $G_i$

$$PS_3 \approx \{(G_i, W_j), t_k, I(L_s)\}; \langle i, j, k, s \rangle = \text{unk} \quad (3)$$

4. Проблема диспетчеризации  $PS_4$ : в какой последовательности, соответственно информации I о текущей ситуации  $L_m$ , выполнять работы  $G_l$  и каких нежелательных ситуаций  $\neg L$  следует избежать

$$PS_4 \approx \left\{ \begin{array}{l} \{G_l(I(L_m))\}; \\ L_{m+n} \notin \neg L; \end{array} \right. \quad \langle m, n, l \rangle = \text{unk} \quad (4)$$

5. Проблема распределения  $PS_5$  в соответствии с располагаемой информацией I какому об'екту  $B_k$ , в каком об'еме  $Y_p$  и к какому моменту времени  $t_q$  направить ресурсы  $R_i$

$$PS_5 \approx \{I, B_k, Y_p, t_q, \{R_i\}\}, \langle i, k, p, q \rangle = \text{unk} \quad (5)$$

К перечисленным ПС следует добавить и проблему информационного обеспечения, так как реализации практически всех функ-

ций  $F_{i,j}$ , процедур  $P_{i,j,k}$  и решений в ПС  $PS_i$ ,  $i = \overline{1,5}$  базируются на информации, от качества и количества которой зависит эффективность решений в ПО.

6. Проблема информационного обеспечения  $PS_6$ : какой смысловой информацией  $sem(I_S)$ , какого качества  $Z_m$  надо обеспечить; каким объемом  $Y_{I_S}$ , какую процедуру  $P_{i,j,k}$  и к какому моменту времени  $t_n$

$$PS_6 \approx \{ sem(I_S(Z_m)), Y_{I_S}, P_{i,j,k}, t_n \}, \langle s, m, i, j, k \rangle = un k (6)$$

Логико-множественные отображения (1)...(6) дают основание интерпретировать решения в ПС функционально-структурными терминами УЭ АТ инвариантно предполагаемым проблемным областям  $PD_j$ . Наиболее целесообразно сделать это в графической форме, например, для ПС функционально-структурная организация (ФСО) решения представлена на рис. 1. Роль информационного обеспечения в анализируемых ФСО ограничивается обслуживаемой парадигмой. Имеющие место в ФСО неоднократные обращения к ИО, анализы текущей и ретроспективной информации, на основании которых осуществляется непосредственное решение в ПО, ставят задачу оценки и конкретизации информационных потребностей, возникающих у эксплуатантов АТ в процессе решений проблем  $PS_i$ . Эта задача имеет два важных основания: в зависимости от потребностей организуются процедуры и определяются критерии репрезентативности ИО; перечень потребностей эксплуатантов является составной частью описания  $PD_j$  управления ЗАТ. В работе выполнена классификация и даны определения для классификационных признаков, определяющих информацию  $I_{i,j,k,m,n}$  (текущая-ретроспективная, узкая-широкая по тематике, концептуальная-фактографическая и т. п.).

В отношении репрезентативности ИО управления эксплуатацией АТ принято следующее определение:  $Rep-I_S$  характеризует качество предоставляемой эксплуатантам АТ информации и включает критерии оперативности  $\Omega$  и экономичности ИО -  $\Sigma$ , достоверности  $\Delta$ , полноты  $\Pi$ , однородности  $O$  и непрерывности  $N$  информации  $I_{i,j,k,m,n}$ . Задача определения концептуального подхода к оценке репрезентативности решается путем анализа аксиоматики механизмов нарушения качества информации, трансформируемой в пространстве и времени.

Результаты идентификации области предметной деятельности по УЭ АТ позволяют перейти к синтезу вербального описания проблемных областей (ПО) управления эксплуатацией АТ путем описания  $PD_j$  в виде неформальных аксиоматических теорий  $\mathcal{A} PD_j$ . К четырем обязательным спискам, совокупность которых образует не-

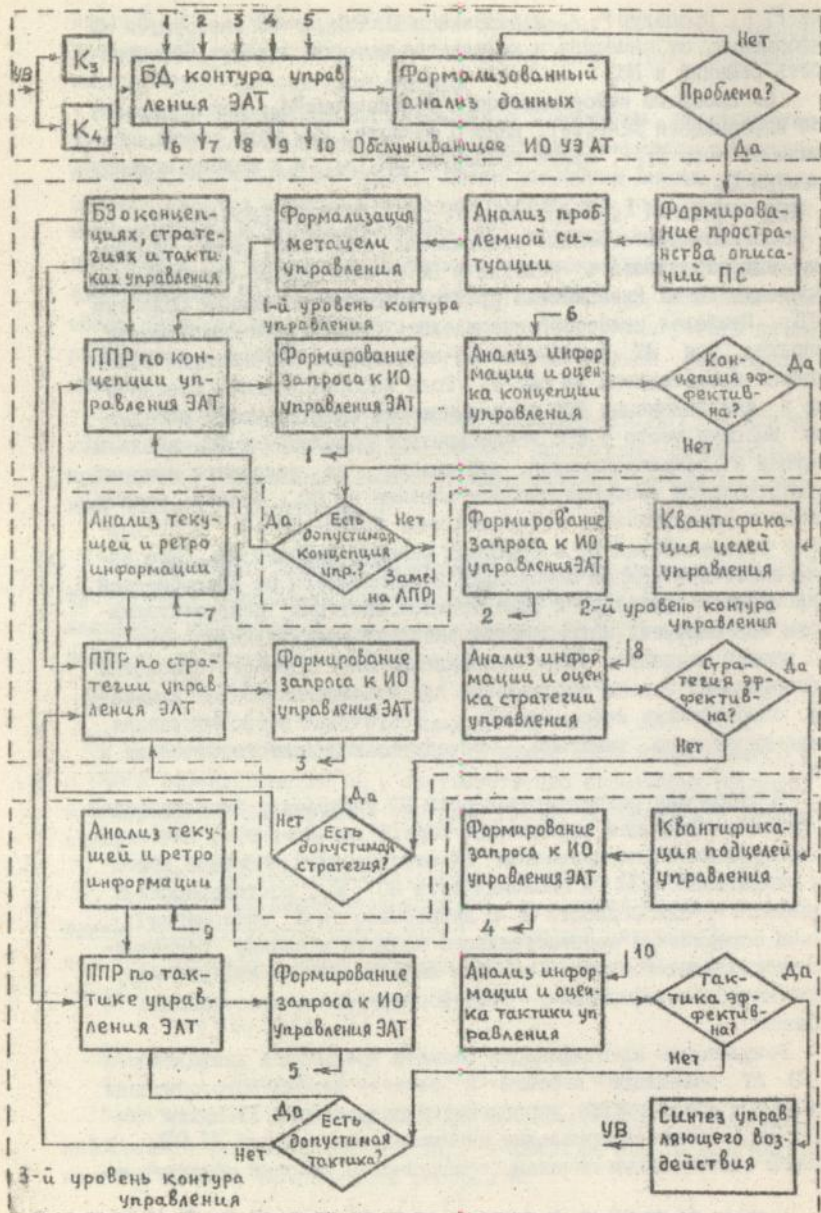


Рис. 1. Функционально-структурная организация решения проблемной ситуации - процесса принятия решений при ЭАТ

формальную аксиоматическую теорию (НЭАТ), относятся неопределяемые термины - континуум общепризнанных научно-технических и социальных понятий  $\Pi_n$ , специализированные термины - семантические формулировки прагматических понятий  $S_{ЭАТ}$  и информационного обеспечения системы -  $\Pi_c$ . То есть, совокупность терминов  $\Pi_c$  содержит понятия, установленные терминологией ЭАТ и терминологической системой ИЮ. Понятия  $\Pi_n$  и  $\Pi_c$  объединяются в аксиомы  $A_{\chi}$  и теоремы (доказуемые высказывания)  $T_{\epsilon}$  путем применения профессиональной лексики  $Lex$  на основе опыта эксплуатации.

Таким образом, вербальная форма описания проблемной области УЭ АТ представляет собой неформальную аксиоматическую теорию, лингвистически описывающую отображение вида

$$\mathcal{A} PD(\Pi_n, \Pi_c, A_{\chi}, T_{\epsilon}): V \times N \times G \times A \times I \times S \times W \rightarrow P \mathcal{S}^K, \quad (7)$$

где декартово произведение множеств:  $V$  - объектов АТ;  $N$  - эксплуатантов АТ;  $G$  - материально-технических ресурсов;  $A$  - целей эксплуатации АТ;  $I \mathcal{S}$  - реализаций информационного обеспечения;  $W$  - структур управления ЭАТ, ставится в соответствие декартовой степени на множестве проблемных ситуаций УЭ АТ -  $P \mathcal{S} \ni P \mathcal{S}_i$ .

В качестве аксиом выступают декларативные описания очевидных (безусловных) и тривиальных событий и состояний, реализуемых в процессе управления эксплуатацией авиационной техники, в качестве теорем - условные и/или эвристические процедуры  $S_{ЭАТ}$ . Неформальные аксиоматические теории позволяют вплотную приблизиться в формальному описанию проблемных ситуаций, но до этого следует рассмотреть и формализовать информационную инфраструктуру ИЮ.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ рассматривается методология построения концептуальных моделей и формализации информационного обеспечения УЭ АТ.

Современный подход к информационному обеспечению УЭ АТ базируется на требованиях к ИЮ как информационной семантической системе. Однако эпистемология семантического подхода требует поднятия на уровень базисно-понятийного описания систем, и не просто описания, а формально-аксиоматической увязки компонент системы информационного обеспечения управления ЭАТ. Поставленная задача решена переходом на более абстрактный уровень описания ОПД, который обычно называют концептуальным. Основой концептуального проектирования является процесс построения концептуальных моделей (КМ), целостно описывающих системные, функциональные, структурные, критерийные и прочие аспекты существования систем в пространстве и времени. Переход от КМ к моделям, привычно используемым в про-

цессе моделирования систем, производится путем развертки концептов КМ для различных уровней описания ОПД: теоретико-множественного, инфологического, логико-семантического, аналитического и др.

Поставленная задача построения КМ информационного обеспечения решается начиная с метамодели области предметной деятельности ИО, которая представляет собой логико-множественное отображение информационной инфраструктуры системы эксплуатации АТ в терминах и понятиях ИО как вида деятельности в среде эксплуатации авиационной техники

$$\mathbb{M}: \mathcal{U} \times \mathcal{H} \times \mathcal{I} \times \mathcal{E} \times \mathcal{F} \times \mathcal{M} \times \mathcal{Z} \rightarrow \text{IS}, \quad (8)$$

где  $\mathcal{U}$  - совокупность целей ИО;  $\mathcal{H}$  - множество информационных процедур;  $\mathcal{I}$  - множество информационных элементов;  $\mathcal{E}$  - структуры ИО управления АТ;  $\mathcal{F}$  - совокупность информационных потоков;  $\mathcal{M}$  - комплекс средств ИО;  $\mathcal{Z}$  - множество управляющих воздействий для достижения репрезентативности ИО.

Модель (8) является наиболее общим концептуальным отображением ФАТ  $\mathcal{M} \text{ IS}(\mathcal{S}_{\text{ИО}})$  информационного обеспечения - метамоделью. Интерпретация выполняется последовательной декомпозицией метамодели и подтверждением ее свойства концептуальности на различных уровнях познания ОПД информационного обеспечения. То есть строятся КМ первичных объектов  $\mathcal{M} \text{ IS}$  путем развертки многозначного отображения по каждому из составляющих концептов. Производится это методом интерпретации лексического  $\text{Lex}$ , семантического  $\text{Sem}$ , синтаксического  $\text{Synt}$  и прагматического  $\text{Prag}$  содержания категорий области предметной деятельности ИО. Выбор языка и формализмов отображения знаний об ИО, с целью представления их в виде воспринимаемом ЭВМ, сделан в пользу символического языка - языка математической логики, так как эта форма представления описаний ИО с помощью логики первого порядка (логики предикатов) лежит в основе практически всех методов представления знаний в системах искусственного интеллекта в качестве базовой платформы. Поскольку стоит задача синтеза формальной аксиоматической теории (ФАТ) информационного обеспечения  $\mathcal{U} \text{ AT} \text{ IS}(\mathcal{S}_{\text{ИО}})$ , то используя систему исчисления предикатов, построение ФАТ проблемных областей ИО производится присоединением аксиом этих областей к адекватной полной аксиоматической системе исчислений предикатов.

Эпистемологические уровни декомпозиции моделей информационного обеспечения не являются четко установленными, поэтому формально определим их следующим образом:

1-й уровень описания ОПД - декартово произведение базовых концептов модели, определяющих на данном уровне эпистемологии кластеры моделируемых объектов области предметной деятельности;

2-й уровень - раскрытие КМ методом замещения базовых концептов их моделям. На этом уровне определяется конкрети з моделируемых объектов в границах кластера и, как следствие, задается пространство существования или основные ограничения по базовым и входящим множествам. Итог - концептуальная модель изоморфная модели 1-го уровня описания в виде отображений, концепты которых представлены на уровне аксиоматических категорий - неопределяемых и специализированных терминов -  $\Pi_n, \Pi_c$ .

3-й уровень описания - результат развертки КМ 2-го уровня путем определения синтаксиса функциональных, структурных, процедурных и других предикатов модели в виде формул алгебры предикатов, что превращает ее уже в формальную модель (ФМ);

4-й уровень - поэлементно декомпозированная модель 3-го уровня в виде правильно построенных формул (ПФФ), аппроксимирующих семантику понятий ИО и представляющих собой элементы формальной аксиоматической теории.

Логический анализ метамодели показал, что прагматика ИО определяется системой более высокого порядка, т.е. системой управления эксплуатацией АТ, декларативное описание которой раскрывает назначение информационного обеспечения формулировкой: цель ИО заключается в предоставлении эксплуатанту АТ необходимой и оперативной информации о событиях и состояниях эксплуатации авиационной техники в форме адекватной проблемным ситуациям процессов управления ЭАТ. В это определение вложен смысл об удовлетворении информационных потребностей эксплуатантов АТ в течении заданного интервала времени. Кроме того, требование адекватности информации ИО устанавливает прагматическую направленность  $I$  путем указания проблемной ситуации  $PS_i$  в соответствующем контуре управления  $K_j$ . Таким образом, концепт  $\mathcal{M}$  можно представить в виде отображения

$$\mathcal{M}_1^1: PS(K) \times \mathcal{B} \times T \rightarrow \mathcal{M}, \quad (9)$$

которое каждому 3-х элементному кортежу ставит  $\langle PS_i(K_j) \rangle_{t \in T}$  в соответствие элемент  $a \in \mathcal{M}$ , где  $r \in \mathcal{B}$  - множество информационных потребностей;  $t \in T$  - универсум временных интервалов. Приняв во внимание результаты анализа информационных потребностей проблемных ситуаций ЭАТ, можно концепт  $\mathcal{B}$  аппроксимировать КМ

$$\mathcal{M}_2^1: I_{i,j \times m,n} \times \mathcal{Z} \rightarrow \mathcal{B}, \quad (10)$$

где  $I_{i,j \times m,n}$  - множество, определяющее структуры информации в информационных потребностях эксплуатанта АТ;  $\mathcal{Z}$  - универсум

сум семантики текста информационных запросов.

Заменив концепт  $\mathcal{P}$  в (9) на выражение (10) и конкретизировав граничные показатели пространства состояний переменных получим составную концептуальную модель цели информационного обеспечения 2-го уровня познания

$$\begin{aligned} \mathcal{M}_2^4: PS(K) \times \{I_{i,j,m,n} \times \beta \rightarrow \mathcal{P}\} \times T \rightarrow \mathcal{A}, \\ PS(K) \ni PS_i(K_j); i = \overline{1,6}; j = \overline{1,7}; \\ i_1 \in I_{i,j,m,n} \supseteq I; i, j, m = \{1, 2\}, n = \overline{1,6}; \end{aligned} \quad (11)$$

$z \in \beta \subset \{ \text{"информационный запрос на естественном языке (метаязыке)"} \};$

$t \in T \subset \{ s \text{ (часов)}, r \text{ (суток)}, \dots \};$

$a \in \mathcal{A} = \bigcup_k \mathcal{A}_k; k, s = \overline{1,7}; \mathcal{A}_1 = \{a_1, a_2, \dots, a_7\}, \dots, \mathcal{A}_7 = \bigcup_k a_k,$

где  $a_k$  - элемент множества  $\mathcal{A}$  - цель ИО, заключающаяся в удовлетворении информационных потребностей  $p$  эксплуатанта АТ, работающего над решением задач управления в проблемной ситуации  $PS_i$  в контуре  $K_j$ , с соблюдением требований по оперативности реализации потребности в ИО.

Проверка условий адекватности (УА) КМ (11) показала, что модель представляет собой множественную функциональную зависимость соблюдающую УА. Для перехода к ФМ цели информационного обеспечения в виде правильно построенных формул логики предикатов, надо в области предметной деятельности ИО - области интерпретации теории  $Th IS$  идентифицировать и обозначить термины (константы, переменные, функции), функциональные и предикатные формы с присвоением каждому употреблению функции элемента из ОПЦ и определением истинности значений атомарных формул. Для этого формулируем лексическое высказывание для  $\mathcal{M}_1^4$  и  $\mathcal{M}_2^4$  в форме аксиом

$$\begin{aligned} Lex(\mathcal{M}_1^4) &= \left\{ \begin{array}{l} \text{"Каждая функциональная проблемная ситуация, каждая} \\ \text{информационная потребность и каждый временной ин-} \\ \text{тервал реализации ИО соответствует некоторой цели} \\ \text{информационного обеспечения УЭ АТ"} \end{array} \right. \\ Lex(\mathcal{M}_2^4) &= \left\{ \begin{array}{l} \text{"Каждая структура и каждая семантика необходимой} \\ \text{информации соответствует некоторой информационной} \\ \text{потребности"} \end{array} \right. \end{aligned}$$

Введем обозначения и определим истинностные значения:

$$\left. \begin{aligned} i_1, z, t, K_j - \text{переменные;} \\ PS_i(K_j) - \text{функция;} \end{aligned} \right\} \text{ термины;} \\ \left. \begin{aligned} P_1(x) \Leftrightarrow \text{"является } x \text{"}; \\ Q_1(x, y) \Leftrightarrow \text{" } x \text{ соответствует } y \text{"}; \\ R_1(x, y, z) \Leftrightarrow \text{" } x \text{ и } y \text{ соответствует } z \text{"}; \\ J_1(x, y, z, w) \Leftrightarrow \text{" } x \text{ и } y \text{ соответствует } w \text{"}; \\ P_i(p) \Leftrightarrow \text{"является информационной потребностью"}; \end{aligned} \right\} \text{ предикаты;} \quad (12)$$

$R_1(a) \Leftrightarrow$  "является целью ИО";

$R_1(i_1, z, p) \Leftrightarrow$  "структуре информации и семантике текста запроса соответствует информационная потребность";

$J_1(p, s_i(k_i), p, t, a) \Leftrightarrow$  "проблемной ситуации, информационной потребности, временному интервалу соответствует цель ИО";

атомарные  
формулы  
(д.л.еры)

$\forall i_1 R_1(i_1), \dots, \forall t R_1(t)$

$\forall i_1 z \exists p R_1(i_1, z, p)$

$\forall p s_i(k_i) p t \exists a J_1(p, s_i(k_i), p, t, a)$

Тогда  $Lex(\mathbb{M}_1^3)$  в виде ПШФ выразится следующим образом

$\forall p s_i(k_i) p t (R_1(p, s_i(k_i)) \& R_1(p) \& R_1(t) \rightarrow \exists a J_1(p, s_i(k_i), p, t, a))$  (13)

Аналогично

$\forall i_1 z (R_1(i_1) \& R_1(z) \rightarrow \exists p R_1(i_1, z, p))$  (14)

Практически во всех системах искусственного интеллекта знания, относящиеся к проблемной области, делятся на аксиомы и теоремы. Формально аксиомы представляются в виде дизъюнктов, а теоремы - в виде формул, содержащих импликации. Тогда задачи доказательств новых теорем из аксиом (фактов) и известных теорем (правил) заключаются в установлении выводимости из  $\Delta \cup \Gamma$  методом резолюций формул, отображающих некоторые вопросы (цели). Руководствуясь методикой преобразований ПШФ, представим формулы (13) и (14) в виде дизъюнктов Хорна.

$\forall p s_i(k_i) p t \exists a (\neg R_1(p, s_i(k_i)) \vee \neg R_1(p) \vee R_1(t) \vee J_1(p, s_i(k_i), p, t, a))$  (15)

$\forall i_1 z \exists p (\neg R_1(i_1) \vee \neg R_1(z) \vee R_1(i_1, z, p))$  (16)

Так как была принята система семантических понятий как первичная, а затем произведена их формализация, в отличие от метода начального построения синтаксиса логической системы, а затем ее семантической интерпретации, то дизъюнкты (15) и (16) будут представлять собой модели 3-го уровня эпистемологии  $\mathbb{M}_1^3$ ,  $\mathbb{M}_2^3$ . Заменой в (11)  $\mathbb{M}_1^2$  на последовательно записанные (15) и (16) получается формальная модель 4-го уровня познания. При формировании на основе  $\mathbb{M}_1^4$  и  $\mathbb{M}_2^4$  (и им подобным) базы знаний проблемных областей ИО реализуется кон'иктивная система продукций или кон'иктивная семантическая сеть. Аналогично концепту  $\mathcal{M}$  метамодели (8), пользуясь предложенным методом концептуализации-формализации моделей, в работе построены концептуальные и формальные модели всех составляющих метамодели  $\mathbb{M}_1^4$ .

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ рассмотрены принципы построения и функционально-структурная организация автоматизированного информационного обеспечения управления эксплуатацией авиационной техники.

Автоматизация информационного обеспечения - это процесс применения математико-экономических методов и технических средств для сокращения участия эксплуатанта АТ в рутинных, ручных процессах получения, преобразования и использования информации о техническом состоянии (ТС), процессах обслуживания и использования авиационной техники по назначению. Проблема автоматизации ИО заключается в необходимости создания эффективной автоматизированной системы информационной поддержки процессов управления ЭАТ. Речь идет о формировании методами и средствами автоматизации информационной инфраструктуры как основы интеллектуальной информационной среды ЭАТ. Роль информационного ресурса процессов УЭ АТ повышается в первую очередь автоматизацией ИО, а затем усиливается интеллектуализацией информационного обеспечения. Еще один фактор способствует анализу ЦСО и оптимальному синтезу функционально-структурной организации АИО - это неизбежность появления на первых порах интеллектуализации информационного обеспечения УЭ АТ значительного количества изолированных, не связанных экспертных систем. При этом возникнут проблемы неоднородного и избыточного представления баз фактуальных данных (БД) ИИО.

Главная цель автоматизации ИО состоит в повышении эффективности управления процессами ЭАТ на основе использования автоматизированных методов и средств получения, преобразования и использования информации. Основная цель состоит из отдельных подцелей, в качестве которых назовем решение следующих задач:

создание методологии, охватывающей решение проблем проектирования и аппаратурно-программной реализации систем автоматизированного ИО при всем многообразии вариантов создания и назначения систем;

реализация информационного обеспечения в режиме опережения реального масштаба времени для достижения временного резерва в процессе принятия решений (ППР) по нештатным событиям УЭ АТ;

использование в процессе ИО рационального сочетания автоматизированных и ручных методов получения, преобразования и использования информации при соблюдении принципа документирования юридической ответственности эксплуатанта АТ;

достижение экономичности проектирования, реализации и последующего функционирования автоматизированного ИО при соблюдении высоких показателей эффективности этих процессов.

Концептуальные основы методологии автоматизации ИО уп-

равления ЗАТ содержат, наряду с требованиями, совокупность принципов построения автоматизированных систем информационного обеспечения (АСИО), реализация которых дает возможность удовлетворить принятые требования. В пакет требований входят условия обеспечения: целостности АСИО; наличия свойств расширения функций АИО; способности к управлению элементами информационной технологии; обладания гибкой организацией системного и прикладного программного обеспечения и др. Реализация перечисленных требований осуществляется соблюдением в процессе математико-экономического проектирования и аппаратно-программной реализации АСИО четырех групп принципов содействия систем:

- системной целостности автоматизированного ИО УЭ АТ;
- пространственно-временной направленности АСИО;
- функционально-структурной организации автоматизированного

ИО;

аппаратно-программного обеспечения АСИО.

При утилитарном подходе к проблеме автоматизации ИО закономерно появление вариантов функционально-структурной организации АИО, отличающихся друг от друга структурной степенью автоматизации (объемом) функциональных информационных процедур (ИП)  $R_{AB} \in \mathcal{H}$ . Кроме того, независимо от функциональной целесообразности автоматизации информационных процедур, возникает вариантность  $\Phi_{CO}$ , зависящая от распределения ИП по конкретным устройствам комплекса технических средств (КТС) АИО автоматизирующих отдельные процедуры или группы  $R_{AB}$ . Особенно это проявляется при композиции ИП и распределении их по вычислительным машинам - ЭВМ. Способствует разнообразию вариантов также применение локальных и глобальных вычислительных сетей АИО, автоматизация ряда ИП путем применения радиоканалов передачи цифровых данных по линии "земля-воздух-земля" (устройства "Арлекин" или "Цифра"), переносных индивидуальных радиотерминалов, табло коллективного пользования и т.п. Многовариантности  $\Phi_{CO}$  соответствует различие в значениях критериев  $RepI\bar{S}$ , что сказывается, в конечном итоге, на общей эффективности эксплуатации авиационной техники. Следовательно задача оптимального выбора варианта -  $V_{i,k,r_j}$  ( $i$  - номер  $\Phi_{CO} S t_i$ );  $k = \overline{1, N}$ ,  $N$  - максимальное количество ЭВМ;  $r_j$  - номер варианта;  $j$  - номер группы вариантов), под которым понимается однозначная структура взаимодействия групп и/или единичных автоматизированных и неавтоматизированных функциональных процедур ИО, распределенных по устройствам КТС автоматизированного ИО и/или исполнителям.

Концептуальная постановка задачи оптимизации ЦСО информационного обеспечения представляет собой модель в виде отображения множества вариантов организации ИО на множество оценок и выбор некоторых из  $V_{i,k,r}$ , позволяющих достичь оптимальных значений параметров системы УЭ АТ, функционирующей на базе ИО

$$\mathbb{M}_{z_0}^1 \Leftarrow \mathbb{M}_{z_1}^1 : \mathbb{M}_{z_2}^1 : V \rightarrow \text{Repr IS} \rightarrow S_{\text{opt}}, V_{i,k,r} \in V \quad (17)$$

На примере IS(K) ИО управления надежностью АТ, формальная модель оптимизации 3-го уровня познания может быть выражена так  $\mathbb{M}_{z_0}^3 : \forall m d_s \min C_{VA}''(d_s) \vee C_{VA}''(d_s) \leq C_{VA}' \& T_0''(d_s) \geq T_0'(d_s) \&$   
 $\& \max \Omega_m^2 \vee \Omega_m^2 \geq \bar{\Omega} \& \min \Sigma_m^2 \vee \Sigma_m^2 \leq \bar{\Sigma} \rightarrow \exists q, k, r V_{i,k,r} = \text{opt} \quad (18)$   
 где  $C_{VA}'(d_s), C_{VA}''(d_s)$  - текущий и контрольный уровни затрат на техническое обслуживание (ТО) изделий АТ -  $d_s$  ;  
 $T_0'(d_s), T_0''(d_s)$  - аналогичные уровни наработки на отказ  $d_s$  ;  
 $\Omega_m^2, \bar{\Omega}$  - оперативность  $m$ -го блока варианта  $V_{i,k,r}$  ИО и базового варианта ИО (ручной реализации IS(B, K<sub>λ</sub>)) ;  
 $\Sigma_m^2, \bar{\Sigma}$  - аналогичные значения экономичности вариантов ИО.

В работе, исходя из теоретико-множественной модели (17) и условий (18), конкретизированы аналитические выражения, предложена методика и получены численные результаты. Оптимизация ЦСО автоматизированного информационного обеспечения УЭ АТ позволяет при различных возможностях на приобретение средств вычислительной техники получать оценку оперативности АИО (прямая задача), и наоборот, при необходимости достижения заданной оперативности АИО определять потребности в комплекте технических средств (обратная задача оптимизации).

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ выполнен синтез логико-лингвистических моделей и представлены результаты имитационного моделирования баз знаний проблемных областей управления эксплуатацией АТ.

Логико-лингвистическая модель (ЛЛМ), отображающая фрагмент знания о системе УЭ АТ, представляет собой дуальную композицию декларативного определения и логической формы представления данного фрагмента знания. Учитывая логическую основу представления знаний, в процессе формализации знаний о проблемных областях УЭ АТ применяется метод концептуализации-формализации моделей, уже апробированный при построении КМ и ФМ информационного обеспечения. Этому способствует и должная предвещивать кластеризация и классификация видов четких концептуальных (КЗ) и фактуальных знаний (ФЗ), которые проводятся путем анализа и стратификации эпистемологических атрибутов понятийной системы предметной деятельности УЭ АТ в границах проблемных областей.

В работе даны определения всех видов КЗ и ЧЗ на примере проблемной ситуации Р<sub>5</sub>, синтезированы ЛЛМ применительно к процессу диагностирования авиадвигателя (АД) НК-8-2У самолета Ту-154. Так теорема регулирования агрегата НР-8-2УС имеет следующую ЛЛМ:

$$Lex(TE_2) \Leftrightarrow \begin{cases} \text{Если разность } \Delta n_{BA}^{TP} = (n_{BA}^{TP} - n_{BA}^{OPO}) > 0,5 \text{ при } t_n \geq +15^\circ\text{C} \\ \text{или } \Delta n_{BA}^{TP} = (n_{BA}^{TP} - n_{BA}^{OPO}) > 0,5 \text{ при } t_n < +15^\circ\text{C}, \text{ то отрегулировать агрегат НР-8-2УС винтом Н-2 до получения величины } n_{BA}^{TP} - 0,5\% \text{ при } \alpha_B = 105^\circ \text{ и положении рычага перестройки режимов агрегата в позиции "работа"} \end{cases}$$

$$Log(TE_2) \Leftrightarrow \Delta n_{BA}^{TP} > 0,5 \& t_n \geq 15 \vee \Delta n_{BA}^{TP} > 0,5 \& t_n < 15 \rightarrow A \chi_5 \& \alpha_B = 105 \& P_{21}(НР)$$

Для подтверждения действительности методики построения ЛЛМ рассмотрена другая область предметной деятельности по УЭ АТ - область управления надежностью АТ. Итоговые модели, с целью упрощения семантического восприятия, даны в виде декларативных формализмов ЕСЛИ-ТО адекватных, с одной стороны, отношениям импликаций логики предикатов, а с другой - продукционным правилам. Логические части ЛЛМ, как и прежде, являются ШФ алгебры предикатов, например

- ЕСЛИ 1) текущий этап - анализ информации по полной выборке (парку) объекта  $d$
- И 2) основное количество объектов ( $\geq 70\%$ ) имеют наработки во второй половине назначенного ресурса
- И 3) отказы объектов  $d$  в эксплуатации являются следствием конструктивно-производственных причин
- И 4) отказы элементов носят внезапный характер
- И 5) применение КПА для оценки ТС не возможно
- ИЛИ не позволяет определить предотказное состояние объекта  $d$
- И 6) нарушений стационарной работы объектов  $d$  нет (перестановки изделий отсутствуют)
- И 7) экстремальных режимов работы объектов  $d$  не зарегистрировано
- И 8) влияний других изделий АТ на работу объектов  $d$  нет
- И 9) доработок, бюллетеней, конструктивных изменений объектов  $d$  не производилось
- ТО изменение уровня надежности объекта  $d$  является следствием процессов старения АТ и надо пересмотреть  $\bar{T}_c$  в сторону уменьшения

$$1) \forall y \exists RSC_{m,n} Q_{27}(y, RSC_{1,1}) \&$$

$$2) \& \forall d_1, d_2 (d_1, d_2 \in d) \& d_1 \ll d_2 \& t_n(d_2) \in [0.5 T_{n3M}, T_{n3M}] \&$$

- 3)  $\& \forall W_{14}(d) Q_9(W_{14}(d), KPH) \&$
- 4)  $\& \forall t_{07} Q_{15}(W_{14}(d), t_{07}) \& \gamma \rho_{10}(t_{07}) \&$
- 5)  $\& \forall \beta_{41}(d) \gamma \rho_{20}(KPA) \forall \gamma Q_{22}(KPA, \beta_{41}(d)) \&$
- 6)  $\& \forall d \exists ! \Lambda A_i Q_i(d, \Lambda A_i) \&$
- 7)  $\& \forall \beta_{48}(d) \gamma \rho_i(\beta_{48}(d)) \&$
- 8)  $\& \forall d_i \exists d_A (d_i \in d \& d_A \notin d \gamma Q_{21}(d_i, d_A)) \&$
- 9)  $\& \gamma Q_i(d, A) \forall \gamma Q_i(d, B) \forall \gamma Q_i(d, K_n) \rightarrow$   
 $\rightarrow \forall d \exists t_i t_i T_0(d) < T_0(d) \& \Delta T_0(d) = T_0(d) - T_0(d) \& Q_9(\Delta T_0(d), t_n(d)) \&$   
 $\& t_n(d) \approx T_{n+1}(d) \& T_0(d, t_i) = T_0(d, t_{i-1}),$   
 $Q_{20}(x) - x$  - применено;  $\beta_{48}$  - работа  $d$  в экстремальных условиях.

При моделировании проблемных ситуаций и использовании ЛМ в базах знаний, происходит отражение реальных событий и состояний в термы сигнатуры предикатов, которые в итоге принимают значения из четкого бинарного множества  $\{0, 1\}$ . Однако в реальной обстановке качество используемой информации далеко от требуемых уровней показателей репрезентативности ИО, что приводит к необходимости привлечения в процессе синтеза и использования логико-лингвистических моделей УЭ АТ понятий и математического аппарата теории нечетких множеств (НМ) Л. Заде.

В качестве примера нечеткой ПС (НПС) примем проблемную ситуацию, возникающую при выборе концепции эксплуатации АТ по техническому состоянию. На рисунке 2 показан субъективный алгоритм принятия решений, состоящий из операций, отображаемых в виде выражений бинарной четкой логики. Однако анализ ПС показывает, что реальная эпистемология проблемы лежит в сфере многозначной, нечеткой логики (НЛ). Поскольку теоретической базой логических операций с категориями "возможность" и "необходимость" является математический аппарат теории возможностей на основе аксиоматики НМ, то поставим задачу создания модели нечеткой проблемной ситуации  $\tilde{P}\tilde{S}_2$ , порождаемой алгоритмом, показанным на рисунке 2 в среде НМ.

Представим четкие гипотезы  $\Gamma_{1j}K_2, \Gamma_{2j}K_2$  в виде нечетких, то есть в виде лингвистических переменных, начинающихся со слов "возможность" или "необходимость", имеющих одинаковые терм-множества (ТМ) с соответствующими обозначениями функций принадлежности (ФП) термов, например,

Значение ЛП ГИПОТЕЗА $j \Leftrightarrow \Gamma_{1j}K_2(d_i), j = \overline{1, 9}$	ФП $\Leftrightarrow M_{G_j, K}, K = \overline{1, 5}$
несущественна (НВ или НН) . . . . .	$M_{G_j, 1}$
малая (МВ или МН) . . . . .	$M_{G_j, 2}$
средняя (СВ или СН) . . . . .	$M_{G_j, 3}$
большая (БВ или БН) . . . . .	$M_{G_j, 4}$
предельная (ПВ или ПН) . . . . .	$M_{G_j, 5}$

Анализ нечеткого алгоритма субъективного ППР показывает

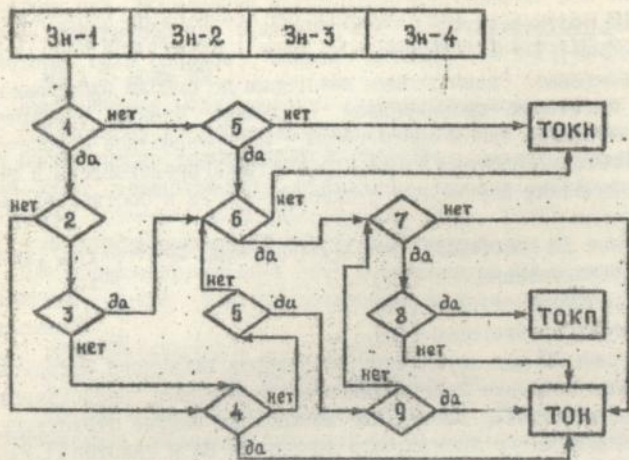


Рис. 2 Алгоритм субъективной процедуры принятия решений по выбору концепции эксплуатации АТ по техническому состоянию

- $\Gamma_{1,1} I S(K_2) \approx \text{Зн-1}$  - знание о неисправностях изделия (агрегата) АТ;  
 $\Gamma_{1,2} I S(K_2) \approx \text{Зн-2}$  - знание о внешних проявлениях отказов в полете;  
 $\Gamma_{1,3} I S(K_2) \approx \text{Зн-3}$  - знание о влиянии неисправностей АТ на полет ВС;  
 $\Gamma_{1,4} I S(K_2) \approx \text{Зн-4}$  - знание о корректирующих действиях экипажа ВС в полете;

$\Gamma_{1,1} K_2 \approx 1$  - возможность влияния неисправности на работу системы;

$\Gamma_{1,2} K_2 \approx 2$  - возможность выявления неисправности в полете;

$\Gamma_{1,3} K_2 \approx 3$  - возможность нейтрализации неисправности в полете;

$\Gamma_{1,4} K_2 \approx 4$  - необходимость немедленного прекращения полета;

$\Gamma_{1,5} K_2 \approx 5$  - возможность влияния неисправности на регулярность полетов;

$\Gamma_{1,6} K_2 \approx 6$  - необходимость зависимости интенсивности потока отказов от наработки изделий;

$\Gamma_{1,7} K_2 \approx 7$  - необходимость контроля параметров изделий АТ;

$\Gamma_{1,8} K_2 \approx 8$  - возможность контроля параметров изделий АТ;

$\Gamma_{1,9} K_2 \approx 9$  - возможность влияния неисправности на безопасность полетов ВС

ТОИ - Эксплуатация АТ при ТО с контролем надежности;

ТОКП - Эксплуатация АТ при ТО с контролем параметров;

ТОИ - Эксплуатация АТ при ТО по наработке

присутствие 2-й входной лингвистической переменной, для каждой операции НЛ соответствующей - на рисунке 2 они обозначены обобщенно как  $Z_{n-1}, Z_{n-4}$ . Понятие знания обширно и во многом также субъективно. Сузим данную категорию до смысла информации, она может быть как субъективной - личные знания эксперта (эксплуатанта АТ), так и объективной - информационное обеспечение ЭАТ. Поэтому гипотезы  $\Gamma_i, IS(K_2), \Gamma_{i,4}, IS(K_2)$  представлены в виде лингвистических переменных с одинаковыми ТМ и соответствующими ФП

Значение ЛП ИНФОРМАЦИЯ  $i \leftrightarrow \Gamma_i, IS(K_2), i=1,4$  ФП  $\leftrightarrow M_{\Gamma_i, m}, m=\overline{1,3}$   
 нерепрезентативна (НР) . . . . .  $M_{\Gamma_i, 1}$   
 среднерепрезентативна (СР) . . . . .  $M_{\Gamma_i, 2}$   
 высокорепрезентативна (ВС) . . . . .  $M_{\Gamma_i, 3}$

Выходными ЛП для логических операторов нечеткого алгоритма (НА) являются нечеткие лингвистические переменные, представленные в виде гипотезы  $\tilde{\Gamma}_i$  для  $i$ й НЛ, имеющей на выходе структурную связь со входом  $n$ -го логического оператора НА и гипотез  $\tilde{\Gamma}_{i,4}, PD_{2,4}, \tilde{\Gamma}_{i,4}, PD_{2,4}$  заканчивающихся условным выводом о возможности эксплуатации изделия  $d_i$  по соответствующей стратегии ЭАТ по состоянию. Значения данных ЛП - ВЕТЬ НА  $n, s$  ( $n, s=\overline{1,9}$ ) и ВЫВОД НА  $r$  ( $r=\overline{1,3}$ ) совпадают с ЛЗ переменных ГИПОТЕЗА  $j$ . Конкретизация лингвистических переменных, их значений и наличие НА позволят синтезировать нечеткие ЛЛМ (НЛЛМ).

Концептуальной основой правил нечеткого условного логического вывода является правило отделения *modus ponens* (сокращенно - *mp*).

ЕСЛИ ( $d \rightarrow \beta$ ) истинно и  $d$  истинно ТО  $\beta$  истинно.

Вместе с тем, методологической основой подобной формализации является композиционное правило, представленное в виде

Предпосылка 1: ЕСЛИ  $x$  есть А ТО  $y$  есть В

Предпосылка 2:  $x$  есть  $A'$

-----  
 Следствие :  $y$  есть  $B'$ ,

где А, А' - лингвистические конструкции, отображаемые НМ в универсуме  $\mathcal{X}$ ;

В, В' - аналогично - в универсуме  $\mathcal{Y}$ .

С целью получения логического следствия, предпосылки 1 и 2 приводятся к бинарному нечеткому отношению (НО)  $R_2(A_1(x), A_2(y))$  и унарному НО  $R_1(A_2(x))$ .

Для формирования НО  $R_2$  используем условное логическое предложение (ПЛ) типа

ЕСЛИ  $\tilde{\Gamma}_i, IS(K_2)$  есть  $\tilde{\Gamma}_{i,m}$  &  $\tilde{\Gamma}_{i,4}, K_2(d_i)$  есть  $\tilde{G}_{i,k}$  ТО  $\tilde{\Gamma}_{i,4}, PD_{2,4}$  есть  $\tilde{V}_{i,5,k}$  (19)

в виде одного логического предложения, как реализации ИЛИМ

$M_1$ : ЕСЛИ ИНФОРМАЦИЯ 1 есть ИР и ГИПОТЕЗА 1 есть ИВ ТО ВЕТЬ НА 1,5 есть ИН (20)

Имитационное моделирование нечеткого вывода ир, по условному логическому предложению связывающего ЛП с составными терминами расширенного терм-множества, выполняется путем расширения ТМ за счет семантического применения базовых лингвистических переменных совместно с модификаторами ОЧЕНЬ, БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ и др., и квантификаторами МНОГО, НЕМНОГО и т. п.

Для моделирования взят один из вариантов ПЛ образованного составными терминами с использованием семантики соответствия ИМ и их смысла

$M_2$ : ЕСЛИ ИНФОРМАЦИЯ 1 есть ОЧЕНЬ ИР  
И ГИПОТЕЗА 1 есть БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ ИВ  
ТО ВЕТЬ НА 1,5 есть неизвестно (21)

Используя найденные значения ФП нечетких множеств  $\tilde{I}_{i,m}, \tilde{G}_{j,k}, \tilde{V}_{n,s,k}$  с учетом семантики образования новых значений лингвистических переменных путем применения модификаторов  
 $M(\text{ОЧЕНЬ } \alpha_1) = \text{CON}(C_1) = \int_{\mathcal{X}} (M_{C_1}(x))^2 / x, x \in \mathcal{X}$  - концентрация ИМ;  
 $M(\text{БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ } \alpha_2) = \text{DIL}(C_2) = \int_{\mathcal{X}} (M_{C_2}(x))^{0,5} / x$  - растяжение ИМ  
 можно записать

$M_3$ : ЕСЛИ ИНФОРМАЦИЯ 1 есть ОЧЕНЬ ИР  
И с ГИПОТЕЗА 1 есть БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ ИВ  
ТО ВЕТЬ НА 1,5 есть ЧУТЬ ЛУЧШЕ, ЧЕМ ИН (22)

Имитационно моделирование по остальным ветвям и логическим операторам НА выбора стратегии ТЭС АТ проводится аналогично изложенной методике с учетом принципа действия вложенных условных нечетких лингвистических предложений.

В ШЕСТОЙ ГЛАВЕ представлены результаты практической реализации систем информационного обеспечения управления эксплуатацией АТ.

Непосредственным стимулом для анализа и синтеза информационного обеспечения послужили работы по переводу АТ на стратегию эксплуатации по техническому состоянию (ТЭС). Разработка стратегии ТЭС АТ базируется на анализе ретроспективной информации, собранной и зафиксированной в условиях действия оповестительной парадигмы ИО как совокупности информационных процедур. Но реализация ТЭС авиационной техники уже требует обслуживающей парадигмы информационного обеспечения как системы. Это было впервые осуществлено в процессе разработки и подконтрольной эксплуатации (ПЭ) самолетов Ту-134А и Ту-154 с техническим обслуживанием по регламенту, использующему элемен-

ты ТЭС АТ, в 1979-1983 годах в АТБ Бориспольского, Ленинградского и Рижского эксплуатационных предприятий (ЭП).

Принятая СИО позволила добиться высоких показателей  $\text{Repr IS} - \Delta = [0.8, 1.0]$ ,  $\text{L} = [0.95, 1.0]$ ,  $\text{O} = [0.7, 0.85]$ ,  $\text{N} = [0.85, 0.95]$ , что напрямую определяет эффективность периодических анализов надежности изделий, эксплуатируемых по состоянию с ТОКН. Созданная для ПЭ система информационного обеспечения дала возможность достичь высоких значений оперативности ИО  $-\Omega$  ( $\gamma_p = 0.24$ ) и экономичности  $\Sigma$ , так как опираясь на традиционные карточки учета неисправностей АТ, следовало привлечь 4-6 специалистов для достижения значений критериев  $\text{Repr IS}$  эквивалентным получаемым в рамках СИО двумя специалистами.

Положительные результаты ПЭ и апробации системы информационного обеспечения привели к возможности распространения опыта технической эксплуатации по состоянию АиРЭО самолетов Ту-134А и Ту-154 на парк этих воздушных судов МГА путем разработки и внедрения регламента ТО и методических рекомендаций по СИО. Основные выводы, сделанные по итогам внедрения системы информационного обеспечения, базирующейся на ручных методах реализации ИП, были сконцентрированы вокруг тезисов о:

правильности методологического подхода к ИО, как прагматической системе в целом, и в тоже время являющейся подсистемой общей системы ЭАТ;

необходимости расширения сферы применения подобного подхода к ИО эксплуатации других типов самолетов, а также во взаимоотношениях ЭП и ремонтных предприятий;

целесообразности унификации и стандартизации структур, элементов, процедур и потоков информации в рамках единой системы информационного обеспечения;

необходимости, на основе инвариантных информационных процедур, автоматизировать трудоемкие, рутинные ИП по трансформации информационных элементов в пространстве и времени, реализовав тем самым обслуживающую парадигму СИО.

Одним из первых объектов АТ, оценка ТС которого была реализована на основе автоматизированного информационного обеспечения, являлся авиадвигатель (АД) НК-8-2У самолетов Ту-154. Процесс оценки технического состояния и регулировки АД, после определенной наработки (налета)  $T_n \in \{300k \pm 30k, k = \overline{1, N}\}$ , производился по параметрам, зарегистрированным при наземных испытаниях АД, методикой ручных вычислений. Отсюда следовал ряд негативных факторов, в итоге приводящий к неадекватной оценке ТС ТРДД: отсутствие оперативного и объективного контроля точности

регистрации параметров; "вечный" дефицит времени, отводимого на оценку ТС (ТО); расчет математических зависимостей с помощью микрокалькулятора с неизбежными ошибками, низкой точностью и достоверностью вычислений.

Поэтому закономерно была разработана автоматизированного информационного обеспечения процесса управления техническим состоянием АД в соответствии с методикой МТ-0032-76 (лист утверждения: 589.113274.23312-01-ЛУ), реализованного в 1985 году в АТВ Бориспольского ОАО и в последующем году внедренного в 12-ти АТВ ЭП Министерства гражданской авиации.

Использование ЭВМ в составе АИО позволило достичь значений достоверности и полноты, используемой при ОТС информации, практически равных единице, что говорит о высокой репрезентативности ИО. Вслед за методикой МТ-0031-76, АИО которой введено в действие бюллетенем N В-755БЭ, была автоматизирована методика МТ-0300-86 контроля параметров номинального и влетного режимов работы двигателя НК-8-2У с использованием полетной информации, АОИО-589.113274.23312-02-ЛУ и 589.113274.23312-05-ЛУ введены в действие бюллетенями N В-851БЭ и N В-908БЭ. Созданное для нее информационное обеспечение характерно расширением номенклатуры параметров, используемых для ОТС АД. В структуре АИО, данный факт отражен функциональными процедурами ИО, реализация которых осуществляется использованием бортовой системы МСРП-64 (сбор, кодирование и хранение параметров работы АД в полете) и наземной системы "Луч-84" (расшифровка и анализ полетной информации). Обслуживающая парадигма АИО, осуществляется априорной идентификацией технического состояния АД и выдачей заключения о целесообразности или нет выполнения полной программы опробования работы двигателя при ТО самолета.

Практический опыт, полученный в процессе создания, внедрения и эксплуатации автоматизированного информационного обеспечения управления ТС авиадвигателей, оценка эффективности работы других систем АИО, использующих позадачный подход к организации информационной инфраструктуры УЭ АТ, позволили сделать ряд выводов о перспективе дальнейших теоретических и практических исследований, путях реализаций систем ИО.

Первый вывод был порожден системной парадигмой АИО - информационное обслуживание в конечном итоге оставляет эксплуатанта АТ один на один с блоком информации (численной и/или смысловой), инженерный анализ которой должен дать ему ответы на вопросы: какое состояние АТ, что делать в данном случае при ТО и как делать (технология)? При этом многократно возникают

проблемные ситуации  $PS_1, PS_2$  - распознавания (диагностирования) и принятия решений, качество решения которых сильно зависит от теоретических знаний и практического опыта эксплуатанта АТ, наличия или отсутствия факторов, способствующих процессу принятия решений (ППР). Второй вывод определяется недостатками позадачного подхода к автоматизации СИО - необходима комплексность информационного обеспечения, взаимосвязь отдельных подсистем на уровне передачи как первичной, так и вторичной информации. Реализация информационно-вычислительных сетей ЭВМ (локальных, региональных, глобальных) позволят создать комплексную систему информационного обеспечения УЭ АТ, естественно, преодолев свои трудности организационного и технического плана. Третий вывод сделан в отношении необходимости создания, исследования и верификации методологических основ проектирования информационного обеспечения УЭ АТ - основ, которые содержали бы концепции и принципы построения информационного обеспечения в широком диапазоне его реализации - от ИО на базе ручных операций, автоматизированных СИО и заканчивая интеллектуальным информационным обеспечением УЭ АТ.

Использование методологии интеллектуализации, разработанной и исследованной в настоящей работе, позволило на базе АИО комплекса методик МТ-0300-86 и МТ-0406-87 создать и уже длительное время эксплуатировать интеллектуальное ИО управления техническим состоянием авиадвигателей НК-8-2У расчетно-советующего типа. Эта система позволяет осуществлять управление ТС АД путем текущей оценки ТС и выдачи управляющих воздействий в виде совета о необходимости регулировок двигателя.

Интеллектуализация ИО комплекса методик позволяет осуществлять просмотр и контроль за механизмом логико-математического вывода, моделирование всех практически возникающих проблемных ситуаций диагностирования и принятия решений процесса управления техническим состоянием авиадвигателя, а также эффективное обучение инженерно-технического персонала, эксплуатирующего двигатель НК-8-2У. В качестве вывода следует сказать, что ИИО обладает в полной мере советующей системой парадигмой, являющейся наиболее эффективной на данный момент развития информационной инфраструктуры УЭ АТ.

Остановимся на концептуальных основах реализации интеллектуального информационного обеспечения ОТЭ самолета Ан-218, которые формировались и закладывались на этапе эскизного проекта ВС. Первым концептуальным положением ИО УЭ самолета стала идея интеграции наземной и бортовой информационно-управляющей

систем на основе единого информационного отображения ОПД по управлению эксплуатацией самолета. Целесообразность такого подхода к ИО УЭ АТ была высказана давно, но ее реализация практически была невыполнима на современных самолетах Ту-154, Ил-86, Як-42 и др.

Вторым концептуальным принципом стал принцип интеллектуализации как наземной, так и бортовой части автоматизированной информационно-управляющей системы АИУС-218. Следует подчеркнуть, что система АИУС-218 одна - с двумя частями: наземной (АИУС-Н) и бортовой (АИУС-Б), информационная совместимость которых должна быть абсолютной.

Реализация электронной библиотеки (ЭБ) на борту самолета Ан-218 планируется на основе использования лазерного видеодиска с объемом памяти 720 Мб. Такой значительный объем памяти позволит ввести в состав ЭБ, в качестве ее разделов, техническую документацию на самолет, нормативные материалы и т.п. Целесообразно каждый раздел представить в виде условно-постоянной части - БЗ, состоящей из метазнания  $NB_{1,1}$  и предметных знаний  $NB_{1,2}$ , а также условно-переменной части - БД, содержащей текущие и ретроспективные данные по семантике раздела ЭБ.

Предлагаемое построение ЭБ позволит реализовать три разновидности ИО эксплуатации самолета Ан-218: интеллектуальную информационно-поисковую систему (ИПС)  $R\{i}$ , экспертные системы  $E\{j}$  и гибридные ЭС  $\{E\}_k$ . Интеллектуализация ИПС представляет собой естественноязычную систему поиска и выдачи пользователю необходимого ему раздела ЭБ со всеми сервисными вариантами: поиск по термину, обозначению, закладка страниц и т.п.

Основная трудность будет заключаться в реализации  $E\{j}$  и  $\{E\}_k$ . Экспертные системы являются в значительно большей мере декларативными в описании ОПД, логико-лингвистические модели которых еще предстоит создавать. Гибридные ЭС представляют собой логико-расчетные системы, у которых интерпретация результатов численных расчетов осуществляется декларативным способом.

В итоге верификация методологических аспектов ИО - подтверждение предлагаемых теоретических предпосылок и полученных результатов исследований практическими результатами - осуществлена на этапах разработки, исследования, эксплуатации и модернизации систем информационного обеспечения управления эксплуатацией авиационной техники различного поколения - от ИО, использующего ручные методы реализации, до проектируемого интеллектуального ИО, предназначенного для перспективных ВС, через реализованное автоматизированное информационное обеспечение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Методологически обоснована, на основе анализа эволюции системной парадигмы информационной инфраструктуры ЭАТ, необходимость и актуальность интеллектуализации информационного обеспечения, конкретизирована проблематика исследований и разработаны принципы построения систем интеллектуального ИО управления эксплуатацией авиационной техники.

2. Предложен метод идентификации предметной деятельности по УЭ АТ, включающий анализ прагматики ОПД, синтез функционального и структурного описаний, детализацию проблемных ситуаций управления эксплуатацией авиационной техники, с целью реализации вербального системного описания реальных процессов для последующей формализации декларативного отражения проблемных областей ЭАТ в рамках интеллектуального ИО.

3. Сформулирован и теоретически обоснован метод концептуализации и формализации компонент информационного обеспечения на основе теоретико-множественного отображения информационной инфраструктуры ЭАТ и развертки концептов метамодели ИО путем интерпретации лексического, семантического, синтаксического и прагматического их содержания на различных уровнях познания, позволяющий строить эпистемологические модели категорий области предметной деятельности информационного обеспечения.

4. Определены принципы построения и функционально-структурной организации автоматизированного информационного обеспечения УЭ АТ в основу которых положена комплексность автоматизации структурированных информационных процессов поддержки ЭАТ и реализация фактографических баз данных о событиях ЭАТ и состоянии авиационной техники, являющихся базисом для интеллектуализации ИО управления эксплуатацией АТ.

5. Предложен метод синтеза логико-лингвистических моделей ИО управления эксплуатацией АТ на основе композиции декларативных описаний и логических форм представления знаний об ОПД с целью построения баз концептуальных и фактуальных знаний интеллектуального информационного обеспечения УЭ АТ.

6. Разработана классификация видов концептуальных и фактуальных знаний, как атрибутов эпистемологии области предметной деятельности УЭ АТ, в основу которой положен тезис о делении категорий знания на кластеры и классы, позволяющие структурировать базы КЗ и ФЗ интеллектуального ИО.

7. Показана возможность синтеза логико-лингвистических моделей проблемных областей СПД управлять эксплуатацией АТ на базе аксиоматики нечетких множеств, что позволяет учесть слабо-структурированные процессы принятия решений по управлению ЭАТ, неопределенность субъективных знаний экспертов-эксплуатантов АТ и непрезентативность информационного обеспечения.

8. Предложен метод анализа адекватности четких и нечетких логико-лингвистических моделей ПО реальным процессам управления эксплуатацией авиационной техники на основе имитационного моделирования баз знаний, в том числе с эпистемологической и информационной неопределенностью, с целью определения действенности методологического подхода к синтезу ЛММ и НЛММ.

9. Разработан вариант терминологической системы интеллектуального информационного обеспечения УЭ АТ, в основу которой положен логико-понятийный принцип формирования терминологических рядов, позволяющих организовать однозначно семантические коммуникативные процессы между специалистами в области ЭАТ и специалистами по информационным системам.

10. Представлена верификация методологических аспектов разработки, исследования, внедрения и эксплуатации систем информационного обеспечения УЭ АТ, реализованных в практике ЭП (ИО эксплуатации изделий самолетов Ту-134А и Ту-154, АИО оценки и регулировки параметров авиадвигателя НК-8-2У, ИИО управления техническим состоянием авиадвигателя НК-8-2У расчетно-советующего типа, концепция реализации ИИО системы УЭ самолетов Ту-204 и Ан-218), на базе системных парадигм оповещения, обслуживания и консультирования, теоретических положений и практических рекомендаций диссертационной работы.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Концепция управления техническим состоянием авиационной техники на основе автоматизированных систем принятия решений // Автоматизированные системы управления процессом технической эксплуатации авиационной техники: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1988. - С. 95-99.

2. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Экспертные системы управления техническим состоянием ТРДД в эксплуатации // Эксплуатационная надежность авиационных ГТД: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1988. - С. 94-99.

3. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Структура автоматизированной экспертной информационно-управляющей системы технической эксплуатации са-

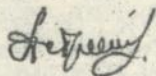
- молетов Ту-204//Компьютерные системы диагностирования авиационной техники: Межвуз. сб. науч. тр. - Рига: РКИГА, 1989. - С. 46-52.
4. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Методологические аспекты проблемы автоматизации информационного обеспечения технического обслуживания авиационной техники//Компьютеризация производства в гражданской авиации: Межвуз. сб. науч. тр. - Рига: РКИГА, 1988. - С. 131-135
5. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Классификация систем информационного обеспечения технической эксплуатации авиационной техники//Адаптивные системы технической эксплуатации авиационного оборудования: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1989. - С. 110-116.
6. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Модель базы знаний гибридной экспертной системы диагностирования турбореактивных двигателей на основе сетей Петри//Методы и средства контроля технического состояния авиадвигателей: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1989. - С. 136-139.
7. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Прагматические характеристики и понятия методологии автоматизации информационного обеспечения технической эксплуатации авиационной техники//Совершенствование методов эксплуатации наземных средств радиотехнического обеспечения полетов и УВД: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1990. - С. 49-53.
8. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Информационное обеспечение технической эксплуатации авиационной техники//Совершенствование методов технической эксплуатации авиационной техники. Тез. докл. Всесоюз. научн. - технич. конф. - Киев: КИИГА, 1984. - С. 141-145.
9. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Терминологическая система информационного обеспечения технической эксплуатации авиационной техники по состоянию. - М.: ЦНТИ гражд. авиации, Деп. №213га-Д84, 1984. - 19с.
10. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Принципы аппаратно-программного обеспечения автоматизированной информационно-управляющей системы технической эксплуатации самолета Ту-204//Сб. науч. тр. №299. - М.: ГосНИИГА, 1991. - С. 24-29.
11. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Регрессионные модели и вероятностный анализ информационного обеспечения технической эксплуатации воздушных судов//Вопросы оптимального обслуживания и ремонта АиРБО воздушных судов ГА: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1985. - С. 64-67.
12. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Оптимизация структуры автоматизированного информационного обеспечения технической эксплуатации воздушных судов по состоянию//Статистические методы в теории передачи и преобразования информационных сигналов. Тез. докл. Всесоюз. научн. - техн. конф. - Киев: КИИГА, 1985. - С. 57
13. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Информационное обеспечение технического обслуживания авиационной техники по состоянию. Автореф. дисс. канд. тех. наук. - М.: МИИГА, 1986. - 22с.

14. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Автоматизированное информационное обеспечение процесса оценки технического состояния ТРДД в эксплуатации//Проблемы оптимизации системы диагностирования авиационной техники: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1986/С. 88-91.
15. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Оптимизация вариантов организационных структур информационного обеспечения технического обслуживания авиационной техники по состоянию//Контроль и управление техническим состоянием АнРЭО воздушных судов ГА: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1986. - С. 70-76.
16. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Методология автоматизации информационного обеспечения технического обслуживания авиационной техники// Методология создания и опыт эксплуатации АСУ в ГА. Тез. докл. Всесоюз. научно-техн. конф. - Рига: РКИИГА, 1987. - С. 255-256.
17. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Статистическая оценка критериев репрезентативности информационного обеспечения технического обслуживания авиационной техники//Статистические методы в теории передачи и преобразования информационных сигналов. Тез. докл. Всесоюз. научн. - техн. конф. - Киев-Львов: КИИГА-ЛТУ, 1988. - С. 70-71.
18. ИГНАТОВ В. А., ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л. Междисциплинарная методология информационного обеспечения технической эксплуатации авиационной техники. - Киев: Знание, 1990. - 19с.
19. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л., РЕЗНОВ А. А. Построение и исследование моделей информационных систем // Контроль и диагностирование АнРЭО воздушных судов ГА: Сб. науч. тр. - Киев: КИИГА, 1984. - С. 54-57.
20. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л., ГИЛДЕР В. М. Регламент технического обслуживания самолетов типа Ту-134. Часть III АнРЭО (периодические формы). - М.: Воздушный транспорт, 1982. - 67с.
21. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л., ГОРБАНОВСКИЙ В. В., СЕМЕНОВА Т. А. и др. Комплексная автоматизированная система контроля и управления техническим состоянием турбореактивных двухконтурных двигателей НК-8-2У в эксплуатации//Информационный листок ВДНХ СССР. - М.: ЦНТИ ГА, 1986. - 2с.
22. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л., ШИЛЬМАН Р. М. Алгоритм автоматизированной оценки и управления техническим состоянием двигателей Д-30 //Техническая эксплуатация воздушных судов ГА: Сб. науч. тр. - М.: ГосНИИ ГА, вып. №275, 1988. - С. 24-29.
23. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л., ЯМКОЛЬСКИЙ В. И., АШИХИН Ю. Г. и др. Методические рекомендации по системе информационного обеспечения деятельности лаборатории (производственного участка) надежности и технической диагностики авиационно-технической базы: Основные положения, термины и определения. Порядок сбора, фор-

мализации, хранения и выдачи информации. - М.: МГА, 1988. - 48с.

24. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л., ПАУК С. М., РЫБИН В. С. Стандартизация информационного обеспечения технического обслуживания авиационной техники по состоянию//Повышение эффективности эксплуатации машин и оборудования на основе стандартизации. Тез. докл. Всесоюз. научн.-техн. конф. - Горький: 1987. - С. 135-136.

25. ПЕТРАШЕВСКИЙ О. Л., ТРЕГУБЕНКО И. Ю. Идентификация и вербальное описание проблемных областей эксплуатации авиационной техники//Методы управления системной эффективностью функционирования электрифицированных и ПНК Тез. докл. 2-й Междунар. научн.-техн. конф. - Киев: 1993. - С. 70-71.



---

Подписано в печать 27.09.03. Формат 60x84/16. Бумага типографская, офсетная печать. Усл. \*кр.-отт. 9. Усл. печ. л. 1,00. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ № 201-1. Цена . Изд. № 424/Ш.

---

Издательство КИИГА.

252058. Киев-58, проспект Космонавта Комарова, 1.

1163684

AB 28.219

**AB 28.219**