

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

на правах рукописи

КОНАХОВИЧ Георгий Филимонович

УДК 629.735.083

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
СИСТЕМ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

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

Диссертация является рукописью

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

Научный консультант - Доктор технических наук, профессор
Уланский В.В.

Официальные оппоненты - Заслуженный деятель науки и техники Украины,
доктор технических наук, профессор
Новиков В.С.

- доктор технических наук, профессор
Доценко Б.И.

- доктор технических наук, профессор
Креденцер В.П.

Ведущая организация - Украинский центр по научно-методическому обеспечению эксплуатации авиационной техники.

Защита состоится 26 ноября 1993 года в 15.00 часов на заседании специализированного совета Д 072.01.01 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 25 октября 1993 года.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор технических наук

Н.Ф.Дмитриченко

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00802686 (U)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Начинаясь переход в Украине, на эксплуатацию новых типов воздушных судов (ВС) ставит особенно актуальной проблему внедрения новых подходов к процессам эксплуатации перспективных бортовых радиоэлектронных систем (РЭС).

Применение на борту ВС сложных цифровых и аналого-цифровых РЭС привело к тому, что трудоватраты на техническое обслуживание (ТО) и восстановление оборудования стали недопустимо большими.

Существенное снижение трудоватрат на техническое обслуживание и восстановление блоков РЭС может быть достигнуто широким применением встроенных средств контроля (ВСК) и автоматизированных наземных средств эксплуатационного контроля (АНСЭК). Однако внедрение в эксплуатацию ВСК и организация ТО на основании показаний ВСК неизменно порождает проблему ложных снятий блоков с борта ВС. Это в свою очередь влечет за собой увеличение числа заявок на запасной блок и неоправданному завышению количества запасных блоков в обменном фонде (ОФ) авиапредприятия (АП).

Значительное уменьшение количества ложных обращений в комплектацию ОФ может быть достигнуто в результате использования при техническом обслуживании АНСЭК, позволяющих осуществлять перепроверку снимаемых с борта ВС блоков. Однако, приобретение АП современных АНСЭК существенно увеличивает ватраты АП на организацию эксплуатации.

Поэтому, задача построения рациональной системы технической эксплуатации перспективных бортовых РЭС представляет собой важную народно-хозяйственную проблему не только в отношении экономической эффективности, но и в отношении обеспечения безопасности полетов.

Цель работы заключается в разработке комплексного подхода к оптимизации процессов эксплуатации для построения рациональной системы технической эксплуатации перспективных бортовых РЭС по технико-экономическим критериям эффективности технического обслужива-

ния и ремонта (ТОиР). Сформулированная цель определила необходимость решить следующие основные задачи:

- провести анализ и выполнить классификацию возможных вариантов построения системы ТОиР;

- выделить базовые варианты построения системы ТОиР;

- разработать обобщенный показатель эффективности системы технической эксплуатации (СТЭ) и провести выбор технико-экономических критериев эффективности системы ТОиР;

- выполнить математическое моделирование базовых вариантов построения системы ТОиР;

- разработать методологию формирования оптимального обменного фонда блоков РЭС для различных вариантов построения системы ТОиР;

- разработать методы повышения эффективности ремонта изделий РЭС;

- обосновать основные направления разработки средств эксплуатационного контроля (СЭК) РЭС, как основного фактора повышения эффективности ТОиР;

- разработать рекомендации по выбору рациональной системы технической эксплуатации перспективных бортовых РЭС.

Методы исследований базируются на аппарате теории вероятности, теории регенерирующих процессов, теории восстановления, теории обеспечения запасами, математической статистики, математического программирования.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые разработан обобщенный показатель оценки эффективности системы технической эксплуатации РЭС, показана его взаимосвязь с известными технико-экономическими показателями эффективности системы ТОиР. Разработано и проведено обоснование понятия базовых вариантов построения системы ТОиР и проведена классификация возможных разновидностей построения системы ТОиР в рамках базовых вариантов.

Разработаны математические модели базовых вариантов построения системы ТОиР с учетом возможных потерь из-за простоя ВС по причине отсутствия требуемых блоков в обменном фонде и затрат на правильное и ложное восстановление демонтированных с борта ВС блоков. Получен-

ные результаты послужили теоретической основой для разработки моделей функционирования системы обеспечения обменным фондом в процессе технической эксплуатации и выбора целевых функций оптимизации ОФ.

Впервые разработана методология формирования оптимального обменного фонда в зависимости от применяемого варианта построения системы ТОиР. На основании полученных результатов разработаны рекомендации по созданию многоуровневой системы обеспечения запасами изделий РЭС в Украине.

Разработаны методы совершенствования процессов восстановления (ремонта) изделий РЭС на авиаремонтных заводах (АРЗ) с целью снижения общих затрат на организацию системы ТОиР и повышения качества выпускаемой продукции (восстановленных изделий).

Предложено ряд разработок высокоэффективных бортовых встроенных средств контроля РЭС, по которым автором получены авторские свидетельства. Обоснована необходимость и предложен вариант построения автоматизированных наземных СЭК, которые внедрены на ряде АРЗ Украины и стран СНГ.

Совокупность приведенных в диссертации результатов квалифицируется как теоретическое обобщение элементов теории технической эксплуатации, теории восстановления, теории обеспечения запасами, позволившее решить крупную народно-хозяйственную проблему построения рациональной системы технической эксплуатации перспективных бортовых РЭС.

Практическая ценность работы заключается в том, что полученные результаты позволяют количественно оценивать технико-экономическую эффективность любой возможной, в рамках определенного авиапредприятия, системы технической эксплуатации, показывают последствия принятия того или иного решения, позволяют рассчитать оптимальную численность обменного фонда, определить капитальные вложения, необходимые для достижения требуемого результата и получения прибыли авиапредприятием при эксплуатации ВС с перспективными РЭС.

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

- при разработке ГОСТ 24212-80. Система технического обслуживания и ремонта. Термины и определения. Введен 01.07.81;
 - при разработке руководящего нормативного документа Госстандарта: Р-50-609-44-89. Методические указания. Техническая диагностика. Введено 01.01.91;
 - при разработке ГОСТ Украины. СТОРАТ Организация гарантийного обслуживания авиационной техники (Первая редакция);
 - при разработке регламента технического обслуживания самолета ТУ-154 (радиоэлектронного оборудования);
 - при разработке технологии диагностирования радиоэлектронного оборудования самолетов Ил-86 и Як-42 (введена в действие приказом зам. начальника ГУЭРАТ);
 - при разработке проекта рекомендаций по совершенствованию стратегий ремонта пилотажно-навигационного и радиоэлектронного оборудования самолетов ТУ-154 и Ан-24 (утвержден ВГПО "Авиаремонт" и НЭЦ АУВД);
 - при разработке методики формирования ремонтных групповых комплектов ЗИП изделий ПН и РЭО (методика утверждена ВГПО "Авиаремонт" и внедрена на вдуших АРЗ ГА);
 - при разработке проекта методики по рациональному распределению изделий ПН и РЭО самолетов ТУ-154 и Ан-24 по стратегиям ремонта (методика утверждена ВГПО "Авиаремонт" и НЭЦ АУВД);
 - при разработке проекта требований к контролепригодности и ремонтпригодности изделий ПН и РЭО (требования утверждены НЭЦ АУВД);
 - при разработке рекомендаций по совершенствованию средств контроля изделий ПН и РЭО самолетов ТУ-154, Ил-86, самолетов МВЛ и перспективных ВС (основные принципы построения, аппаратурной и программной реализации) (рекомендации утверждены ГУЭРАТ МГА и ВГПО "Авиаремонт");
 - при разработке методики и программ формирования обменного фонда изделий АИРЭО самолета ТУ-204 для центров ТОиР, базового и транзитного аэропортов (методика и программы утверждены ГУЭСАНТ МГА).
- Суммарный экономический эффект от внедрения диссертационной ра-

боты приходящийся на долю автора в ценах 1991 года составляет 974 тыс. рублей.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на Всесоюзной научно-технической конференции "Перспективы развития методов технической эксплуатации авиационной техники" (Киев, 1979), на Всесоюзной научно-технической конференции "Совершенствование технологических процессов ремонта авиационной техники на заводах ГА" (Москва, 1984г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Статистические методы в теории передачи и преобразования информационных сигналов" (Киев, 1985г.), на X НТС "Эксплуатация радиоэлектронных систем и надежность их элементов" (Минск, 1983г.), на Всесоюзном совещании "Статистические методы в теории передачи и преобразования информационных сигналов" (Киев, 1988г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Применение информационно-измерительных систем при эксплуатации авиационной техники" (Киев, 1979г.), а также на шестнадцати научно-технических семинарах, проводимых республиканским домом экономической и научно-технической пропаганды (Киев, 1976-1993).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 45 печатных работ, в том числе три монографии, четырнадцать авторских свидетельств на изобретение. Основные результаты содержатся в работах, приведенных в списке публикаций автореферата.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения (что составляет 280 страниц основного текста, 54 страниц рисунков, 24 таблицы), списка литературы (110 наименований) и приложений на 10 страницах.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе 1 проведен анализ действующей системы технической эксплуатации РЭС, в результате чего установлено, что ей присущи ряд серьезных недостатков. К ним относятся:

-нерациональная организация производственных процессов;

-применение раздельных программ по техническому обслуживанию и ремонту и их устаревшая форма;

-несовершенство форм управления производством, применение малоэффективного хозяйственного механизма ;

-отсутствие научно-обоснованной системы обеспечения запасами изделий авиационной техники.

В результате при действующей системе технической эксплуатации выполняется много работ, не связанных непосредственно с поддержанием заданного уровня надежности изделий. Большая часть затрат связана с проведением плановых капитальных ремонтов и восстановлением РЭС на АРЭ. Практика показывает, что строгое соблюдение установленного межремонтного ресурса РЭС, независимо от их фактического состояния, не исключает случаев отказов РЭС в воздухе. В конечном счете, этот факт приводит к преждевременной замене большей части РЭС и увеличению затрат на обменный фонд.

Действующая система технической эксплуатации также не является гибкой с точки зрения учета особенностей эксплуатационных характеристик РЭС. Поэтому, в работе, приступая к оптимизации процессов эксплуатации, был выполнен анализ перспективных РЭС как объектов эксплуатации.

Было установлено, что перспективные РЭС строятся по унифицированному модульному принципу и охвачены многоуровневой бортовой системой контроля. Современные РЭС обладают высокими показателями контроля и ремонтпригодности и для них могут быть применены самые современные стратегии технического обслуживания.

Оптимизация процессов эксплуатации РЭС не может быть проведена без количественной оценки эффективности того или иного варианта построения системы технической эксплуатации. Поэтому в главе был произведен анализ методов оценки эффективности организации эксплуатации РЭС. По результатам анализа сделан вывод, что в настоящее время применяемые показатели эффективности технической эксплуатации не учитывают характер взаимодействия различных подразделений и организаций ГА, причины возникновения простоев по вине РЭС, показателей ка-

чества самих РЭС, специфику обеспечения запасами изделий РЭС.

Подводя итоги анализа, проведенного в главе, можно сделать вывод, что в настоящее время отсутствует единая концепция организации технической эксплуатации нового поколения бортовых РЭС, отсутствуют научные публикации, содержащие научное обоснование и математические модели для выбора оптимального варианта построения системы технической эксплуатации РЭС с учетом характеристик объекта эксплуатации, свойств средств эксплуатационного контроля, методов формирования обменного фонда и ремонтных комплектов, организации ремонтно-восстановительных работ и взаимоотношений между предприятиями, осуществляющими выпуск и эксплуатацию авиационной техники.

В результате проведенного анализа и обобщения состояния работ показана актуальность проблемы и сформулированы задачи исследований.

В главе 2 произведена классификация вариантов построения системы технического обслуживания и ремонта РЭС. Для этого был произведен анализ возможных состояний блоков, в которых они могут находиться в процессе эксплуатации. Было установлено, что количество операций и их перечень, выполняемый в том или ином подразделении определяют вариант построения системы ТОиР.

При классификации возможных вариантов построения системы ТОиР учитывались следующие классификационные признаки:

- первый классификационный признак ($A_i, i=1, 2$) определяет класс значимости изделия (при $i=1$ - отказ изделия представляет собой недопустимую неисправность с которой запрещен вылет из транзитного аэропорта, при $i=2$ - отказ изделия входит в перечень допустимых неисправностей (ПДН);

- вторым классификационным признаком ($B_j, j=1, 3$) является ремонтпригодность изделия (при $j=1$ - изделие (блок) не подлежит восстановлению, при $j=2$ - блок восстанавливается путем замены съемно-оборочной единицы (СОЕ) и ремонт СОЕ не производится, при $j=3$ - блок может быть восстановлен путем ремонта СОЕ);

- третьим классификационным признаком ($C_k, k=1, 3$) является наличие у изделия (блока) гарантии завода-изготовителя (ЗИ) (при $k=1$

блок на гарантии ЗИ, при $k=2$ - блок на гарантии АРЗ, при $k=3$ - блок без гарантии;

- четвертым классификационным признаком ($D_{j,i}=\overline{1,3}$) является признак места восстановления блока (при $j=1$ - блок восстанавливается на ЗИ, при $j=2$ - блок восстанавливается на АРЗ, при $j=3$ - блок восстанавливается в базовом аэропорту);

- пятым классификационным признаком ($E_{r,g}=\overline{1,2}$) является место фиксации отказа (при $r=1$ - факт отказа зафиксирован в транзитном аэропорту, при $r=2$ - факт отказа зафиксирован в базовом аэропорту);

- шестым классификационным признаком ($F_{s,s}=\overline{1,4}$) является характеристика наземных СЭК, находящихся в АТБ аэропорта (при $s=1$ - НСЭК в АТБ отсутствует, при $s=2$ - НСЭК выполняет функции контроля работоспособности блока, при $s=3$ - НСЭК позволяет производить контроль работоспособности блока и поиск места отказа (ПМО) с глубиной до ССЕ, при $s=4$ - НСЭК позволяет производить контроль работоспособности блока и ПМО с глубиной до ССЕ и невозстанавливаемого элемента (НЭ) . . .

Анализ возможных комбинаций, перечисленных выше классификационных признаков, позволил выделить четыре базовых варианта построения системы ТОиР.

Определение 1 Под базовым вариантом построения системы ТОиР будем понимать такую организацию эксплуатации РЭС, при которой по месту возникновения отказа выполняется строго определенный перечень операций технического обслуживания для устранения отказа.

Для оценки целесообразности использования того или иного варианта построения системы ТОиР был произведен выбор показателей эффективности. Оценку эффективности базовых вариантов построения системы ТОиР предложено проводить с помощью технико-экономических показателей .

В качестве технических показателей предложено использовать: K_g -коэффициент готовности РЭС, $K_{ог}$ -коэффициент оперативной готовности, $K_{тн}$ -коэффициент технического использования, $P_z(t_k, t)$ -эксплуатационную вероятность безотказной работы (ЭВБР). А, для изделий с

классификационным признаком В1 - $P_a(t_k, t)$ -апостериорную вероятность бевотказной работы (АВЕРР).

В качестве экономических показателей предложено использовать удельные средние гатраты (УСЗ) и удельные средние издержки (УСИ).

Удельные средние затраты (С) представляют собой средние затраты на ТОиР,приходящиеся на единицу времени использования РЭС.

Удельные средние издержки (V) отличаются от УСЗ тем, что они учитывают потери,связанные с отказами РЭС при использовании по назначению.

В главе приведены обобщенные выражения для определения УСЗ при построении системы ТОиР согласно любого из четырех базовых вариантов.

Оценку эффективности эксплуатации в целом для РЭС предложено производить с помощью обобщенного показателя F, который представляет собой отношение дохода к затратам на его получение

$$F = \mathcal{D}/\mathcal{Z}_0. \quad (1)$$

Здесь: \mathcal{D} - средний годовой доход от эксплуатации ВС;

\mathcal{Z}_0 - средние годовые издержки.

В главе получены математические выражения, позволяющие производить расчеты по формуле 1.

Так, доход,приносимый ВС,определяется из выражения:

$$\mathcal{D} = dT, \quad (2)$$

где: d - доход,приносимый ВС за час полета;

T - планируемый налет ВС за год.

Средние годовые издержки АП определяются из выражения:

$$\mathcal{Z}_0 = d \frac{\Delta S}{V} + Z_1 + Z_2 + \mathcal{Z}_3, \quad (3)$$

где: ΔS - непроизводительный налет ВС по вине потери качества РЭС;

V - средняя скорость полета ВС.

Величина Z_1 связана с потерями из-за задержек рейса в транзитном аэропорту и определяется из выражения:

$$Z_1 = h \left\{ \sum_{j=0}^m [1 - P_j(t)] (1 - P_{оп}^j) [P_{оп} t_{в,j} + (1 - P_{оп}) t_{г,j}] \right\}, \quad (4)$$

где: h - удельные штрафные потери АП из-за задержки рейса по техническим причинам;

m - количество РЭС, имеющих классификационный признак А1;

$P_j(t)$ - вероятность работоспособности j -й РЭС из класса А1;

$P_{оп}^j$ - вероятность наличия в комплектке Об транзитного аэропорта требуемой РЭС;

$P_{оп}$ - вероятность наличия в транзитном аэропорту требуемого обслуживающего персонала для восстановления j -й РЭС;

$t_{в,j}$ - время восстановления j -й РЭС;

$t_{г,j}$ - время доставки РЭС в транзитный аэропорт.

Величина Z_2 , связанная с потерями из-за задержек рейса в базовом аэропорту (БАП), определяется из выражения:

$$Z_2 = h \left(\sum_{i=1}^N (1 - P_{от}^i(t)) \cdot (1 - P_{оп}) t_{в} \right) \quad (5)$$

где: N - количество типов РЭС на ВС;

$P_{от}^i(t)$ - вероятность нахождения i -х РЭС в работоспособном состоянии;

$P_{оп}$ - вероятность наличия в комплектке БАП требуемого типа РЭС;

$t_{в}$ - время восстановления РЭС в БАП.

Составляющая Z_3 характеризует затраты АП на приобретение, техническое обслуживание, ремонт и т.д. РЭС. Она определяется из выражения:

$$Z_3 = K_0 \sum_{i=1}^N C_i + \sum_{i=1}^N Z_i^{TOIP} + \sum_{i=1}^N Z_i^{УФ} + \sum_{i=1}^N Z_i^{PK} + C_{ГСМ} + C_{оп}, \quad (6)$$

где: C_i - стоимость i -й РЭС, устанавливаемой на ВС;

K_0 - нормативный коэффициент окупаемости ВС;

Z_i^{TOIP} - приведенные среднегодовые затраты на ТОиР i -й РЭС;

$Z_i^{УФ}$ - среднегодовые затраты на приобретение обменного фонда для i -й РЭС;

Z_i^{PK} - среднегодовые затраты на приобретение ремонтных комплектов для i -й РЭС;

$C_{ГСМ}$ - стоимость лимита топлива за год;

$C_{оп}$ - заработная плата летно-технического персонала.

Полученные выше выражения позволили выделить основные направления повышения эффективности эксплуатации. Исследованиям по большинству из этих направлений и посвящены последующие главы работы.

В главе 3 получены математические модели базовых вариантов построения системы ТОиР. В начале были рассмотрены две разновидности первого базового варианта (W1) построения системы ТОиР при допустимой неисправности (классификационный признак А2) и при недопустимой неисправности (А1).

В моделях процесс эксплуатации рассматривается на интервале работки $(0, \infty)$.

В соответствии с базовым вариантом W1, имеющим классификационный признак А2 (допустимая неисправность) следует, что в произвольный момент времени t легкосъемный блок (ЛСБ) РЭС может находиться в одном

из следующих состояний :

E_1 , если в момент t ЛСБ использовался по назначению и находился в работоспособном состоянии;

E_2 , если в момент t ЛСБ использовался по назначению и находился в неработоспособном состоянии (скрытый отказ);

E_3 , если в момент t ЛСБ не использовался по назначению и проводился контроль работоспособности (КР) с помощью ВСК в базовом или транзитном аэропорту;

E_4 , если в момент t ЛСБ не использовался по назначению и простаивал на борту ВС после того, как был забракован ВСК при КР на стоянке в транзитном аэропорту;

E_5 , если в момент t забракованный ЛСБ внепланово простаивал на борту ВС в базовом аэропорту из-за неудовлетворения заявки на запасной ЛСБ из ОФ;

E_6 , если в момент t производилось ложное восстановление ЛСБ из ОФ;

E_7 , если в момент t производилось правильное восстановление ЛСБ.

Поскольку при восстановлении РЭС сбываются, то моментами регенерации будут моменты перехода из состояний E_6 и E_7 в состояние E_1 .

Для определения технико-экономических показателей эффективности системы ТОиР необходимо знать средние продолжительности нахождения ЛСБ в состояниях $\overline{E_1}, \overline{E_7}$.

Обозначим : S_{μ} - случайное время нахождения ЛСБ в состоянии E_{μ} , ($\mu = 1, 7$), за случайный цикл регенерации;

$M S_{\mu}$ - среднее время нахождения ЛСБ в состоянии E_{μ} за средний цикл регенерации МСО;

Поскольку наиболее важными моментами являются моменты регенерации E_6 и E_7 была доказана теорема, позволяющая определить значения $M S_6$ и $M S_7$ при экспоненциальном законе распределения наработки до отказа ЛСБ.

ТЕОРЕМА 1. Если $P(t_n/n) = e^{-\lambda t_n/n}$, то

$$P(E_6) = \frac{\alpha e^{-\lambda t_n/n}}{[1 - \beta - (1 - \beta - \alpha) e^{-\lambda t_n/n}]} ; \quad (7)$$

$$P(E_7) = \frac{1 - \beta - (1 - \beta) e^{-\lambda t_n/n}}{[1 - \beta - (1 - \beta - \alpha) e^{-\lambda t_n/n}]} . \quad (8)$$

При доказательстве теоремы была использована формула Байеса, позволявшая получить искомые условные вероятности.

Учитывая то обстоятельство, что при многократном n -кратном контроле РЭС с помощью ВСК условной вероятностью "необнаруженного отказа можно пренебрегать и обозначив значение среднего времени правильного и ложного восстановления через $t_{пв}$ и $t_{лв}$ получаем выражения для определения среднего времени нахождения ЛСВ в состояниях E_6 и E_7 :

$$MS_6 = \frac{t_{пв} \alpha e^{-\lambda t_n/n}}{1 - (1 - \alpha) e^{-\lambda t_n/n}} ; \quad (9)$$

$$MS_7 = \frac{t_{пв} (1 - e^{-\lambda t_n/n})}{1 - (1 - \alpha) e^{-\lambda t_n/n}} \quad (10)$$

В главе приведены выражения для определения среднего времени нахождения блока в состояниях E1-E4. Эти выражения имеют следующий вид:

$$MS_1 = \frac{1 - e^{-\lambda t_n/n}}{\lambda [1 - (1-\alpha)e^{-\lambda t_n/n}]} ; \quad (11)$$

$$MS_2 = \frac{1}{1 - (1-\alpha)e^{-\lambda t_n/n}} \left[\frac{t_n(1-\beta)e^{-\lambda t_n/n}}{n(1-\beta)} - \frac{1-e^{-\lambda t_n/n}}{\lambda} \right] ; \quad (12)$$

$$MS_3 = \frac{t_{кр}(1-\beta e^{-\lambda t_n/n})}{(1-\beta)[1 - (1-\alpha)e^{-\lambda t_n/n}]} ; \quad (13)$$

$$MS_4 = \frac{t_n [n\alpha + (1-\alpha)^n - 1] e^{-\lambda t_n/n}}{n [1 - (1-\alpha)e^{-\lambda t_n/n}]} + \frac{t_n (1-\alpha)^{n-1}}{n} \times$$

$$\times \left[(n-1) - \frac{e^{-\lambda t_n/n}}{1 - e^{-\lambda t_n/n}} + \frac{n e^{-\lambda t_n/n}}{1 - e^{-\lambda t_n/n}} \right] + \beta t_n (1 - e^{-\lambda t_n/n}) \times$$

$$\times [n(1-\beta) - (1-\beta)^n] / \{ n(1-\beta)^2 [1 - (1-\alpha)^n e^{-\lambda t_n/n}] \} ; \quad (14)$$

$$MS_5 = a (\Delta t_{3un}^{6A} + t_{кр} + t_A + t_M - t_c^{6A}) ,$$

$$a = \begin{cases} 0 & \text{при } t_c^{6A} \geq (\Delta t_{3un}^{6A} + t_{кр} + t_A + t_M) ; \\ 1 & \text{при } t_c^{6A} \leq (\Delta t_{3un}^{6A} + t_{кр} + t_A + t_M) . \end{cases}$$

В этих выражениях t_n представляет собой время между вылетом и посадкой в базовом аэропорту, n -число посадок за это время, λ -интенсивность отказов блока и α -условная вероятность "ложного отказа" блока.

С помощью полученных выражений можно определить технико-экономические показатели оценки эффективности построения системы ТОиР.

Например:

$$K_p = \frac{MS_1}{MS_1 + MS_2 + MS_4 + MS_5} = \frac{MS_1}{MS_0}; \quad (16)$$

$$P_3 [k t_n / n, (k+1) t_n / n] = \frac{t_n (1-\alpha) e^{-(k+1)\lambda t_n / n}}{MS_0 [1 - (1-\alpha)^n e^{-\lambda t_n / n}]}; \quad (17)$$

$$C(t_n) = \frac{1}{t_n} \left\{ C_{отв} / N + [C_A t_A + C_{AC} a (\Delta t_{зуп}^{GA} + t_A + t_M - t_c^{GA}) + \right.$$

$$\left. + C_M t_M \right] [P_{AC}(t_n) + P_{PC}(t_n)] + C_{AB} P_{AC}(t_n) + C_{PB} P_{PC}(t_n) \}. \quad (18)$$

Здесь: $C_{\text{ТО}}/N$ - средние затраты на оперативное ТО одного блока;

C_d и C_m - средние затраты в единицу времени на демонтаж и монтаж блока;

$C_{\text{ВС}}$ - средние потери в единицу времени из-за простоя ВС в базовом аэропорту;

$C_{\text{лв}}, C_{\text{пв}}$ - средние стоимости ложного и правильного восстановлений блока;

$P_{\text{лс}}(t_n), P_{\text{пс}}(t_n)$ - установившиеся значения вероятностей ложного и правильного снятий блока, эти вероятности определяются по формулам:

$$P_{\text{лс}}(t_n) = \frac{t_n \alpha e^{-\lambda t_n/n}}{MS_0 [1 - (1-\alpha) e^{-\lambda t_n/n}]} ; \quad (19)$$

$$P_{\text{пс}}(t_n) = \frac{t_n (1 - e^{-\lambda t_n/n})}{MS_0 [1 - (1-\alpha) e^{-\lambda t_n/n}]} \quad (20)$$

Зная удельные средние затраты легко определить себестоимость эксплуатации РЭС в течение года:

$$C_3^{wl} = C^{wl}(t_n) [T(1 - \Delta t_{\text{злг}}^{\text{БА}}/t_n)] + E_{\text{офр}} K_{\text{офр}} \quad (21)$$

где: $\Delta t_{\text{злг}}^{\text{БА}} = MS_0$;

$E_{\text{офр}}$ - норма амортизационных отчислений на реновацию обменного фонда;

$K_{\text{офр}}$ - удельные капитальные вложения в ОФ;

а, также приведенные затраты:

$$Z_3^{W1} = C^{W1}(t_n) [T(1 - \Delta t_{\text{зв}}^{\text{дв}} / t_n)] + (E_{\text{оп}} + E_n) K_{\text{оп}}. \quad (22)$$

В данной главе также приведены выражения, позволяющие определить технико-экономические показатели для оценки эффективности построения системы ТОиР согласно базового варианта W1, имеющего классификационный признак A1 и экономические показатели для базовых вариантов W2, W3 и W4.

Кроме того в этой главе разработаны рекомендации по выбору оптимального варианта построения системы ТОиР, основанные на идее определения идеальной (утопической) точки в пространстве частных показателей эффективности и введении нормы в этом пространстве. Здесь в качестве частных показателей взяты приведенные затраты и коэффициент готовности Kp.

В главе 4 рассматриваются методы формирования оптимального обменного фонда в рамках четырех базовых вариантов построения системы ТОиР. Для этого, вначале были построены модели функционирования системы обеспечения обменным фондом базового аэропорта при построении системы ТОиР согласно четырем базовым вариантам и для транзитного аэропорта для варианта W1, имеющего признак A1.

Затем был произведен выбор целевых функций оптимизации обменного фонда базового и транзитного аэропорта.

В качестве целевых функций оптимизации обменного фонда предложено использовать приведенные затраты на эксплуатацию в течение года совокупности mN_{bc} однотипных блоков на приписном (N_{bc}) парке ВС.

Задача определения оптимального числа запасных блоков в ОФ аэропорта формулируется так. Требуется определить количество запасных блоков F, необходимых для функционирования совокупности mN_{bc} однотипных блоков, установленных на воздушных судах, с вероятностью P(F) того, что все приписанные к аэропорту ВС будут обеспечены бло-

ками данного типа и не будет нарушения регулярности полетов из-за их отсутствия. Вероятность $P(F)$ является доверительной вероятностью. В случае неудовлетворения заявки на запасной блок производится экстренная доставка блока.

Целевая функция оптимизации ОФ блоков при построении системы ТОиР согласно первого варианта W1 для транзитного аэропорта имеет следующий вид :

$$Z(F_{TA}) = \frac{mN_{BC} T [C_A t_A + C_M t_M + C_M + C_{BC} \Delta t_{30\%}(F)]}{MS_0} + (E_{op} + E_H) \zeta F \quad (23)$$

Здесь: C_{TP} - затраты на транспортировку отказавшего блока для восстановления ;

ζ - стоимость блока.

Величина $\Delta t_{30\%}(F)$ является показателем достаточности обменного фонда и представляет собой среднее время задержки BC вследствие неудовлетворения требования на запасной блок. Условия, приводящие к возникновению задержки $\Delta t_{30\%}^{BC}$, пояснены в выражении (15).

В главе показано как производить расчеты показателя достаточности ОФ путем определения среднего времени задержки в удовлетворении требований на запасной блок ($\Delta t_{30\%}$) в аэропорту. Определение параметра $\Delta t_{30\%}$ производится с помощью марковской цепи, моделирующей функционирование запаса в ОФ аэропорта.

В главе изложена методика определения оптимального числа запасных блоков в ОФ аэропорта. Суть ее состоит в следующем:

- на первом шаге определяется среднее время нахождения блока в работоспособном состоянии (MS_1), за средний цикл регенерации по формуле (11);

- затем определяют среднее время нахождения блока в состоянии скрытого отказа за средний цикл регенерации по формуле (12);

- на следующем шаге определяют среднее время между последующими снятиями с борта (средний цикл регенерации) по формуле:

$$MS_0 = MS_1 + MS_2 ; \quad (24)$$

- после этого определяют интенсивность снятия блока с борта λ_c по формуле:

$$\lambda_c = 1 / MS_0 ; \quad (25)$$

- затем проверяют выполнение условия, гарантирующего отсутствие простоев ВС из-за нехватки запасных блоков:

$$q \cdot t_{эд} \lambda_c < 1 . \quad (26)$$

Здесь: $q = n \cdot N_{вс}$ - общее количество блоков на ВС;

$t_{эд}$ - время экстренной доставки блока в аэропорт.

- и, наконец, определяют минимальное количество запасных блоков

F, удовлетворяющее неравенству :

$$1 - F(F) > \frac{(q t_{3A} \lambda_c)^{F+1}}{(F+1)!} \exp(-q t_{3A} \lambda_c). \quad (27)$$

Для определения оптимального количества запасных блоков при произвольном варианте построения системы ТОиР были разработаны соответствующие целевые функции оптимизации. Так, для базового аэропорта при построении системы ТОиР согласно варианту W1, имеющему классификационный признак СЗ (блоки не имеют гарантии), целевая функция имеет вид:

$$Z^{W1}(F_{6A}) = m N_{BC} T \{ [C_A t_A + C_M t_M + C_{TP} + C_{BC} \Delta t_{3A} (F)] / MS_c + \\ + C_{пв} P_{пс}(t_n) + C_{лв} P_{лс}(t_n) \} + (E_{ср} + E_H) \zeta F, \quad (28)$$

где: C_{пв} - стоимость правильного восстановления;

C_{лв} - стоимость ложного восстановления;

P_{лс}(t_n) и P_{пс}(t_n) определяются по формулам (19) и (20) соответственно.

Целевая функция оптимизации при построении системы ТОиР согласно варианту W2, имеющему классификационный признак Св, имеет

вид:

$$3^{W2}(F) = m N_{BC} T \{ [C_A t_A + C_M t_M + C_{КСЖ-1}^{КСЖ-1} t_{КСЖ-1}^{КСЖ-1} + C_{BC} \Delta t_{ЭФ}(F)] / M S_0 +$$

$$+ (C_{ПВ} + C_{ТР}) P_{ПС}(t_{П}) \} + (E_{ОФ} + E_H) \zeta F + (E_A + E_H) K_L / N_0, (29)$$

где: $C_{КСЖ-1}^{КСЖ-1}$ и $t_{КСЖ-1}^{КСЖ-1}$ - стоимость и время контроля работоспособности блока на КСЖ в базовом аэропорту;

K_1 - капитальные вложения в приобретение наземных СЖ;

N_0 - количество типов блоков, контролируемых с помощью КСЖ-1;

E_A - коэффициент амортизации КСЖ-1.

В главе приведены также выражения для целевых функций оптимизации ОФ при построении системы ТОиР согласно вариантам W3 и W4. Были произведены расчеты оптимальной численности обменного фонда и приведенных затрат для различных вариантов построения системы ТОиР. Расчеты показали, что наилучшими показателями обладает первый вариант (W1) построения системы ТОиР, а наилучшими W4.

По результатам исследований были разработаны рекомендации по созданию системы обеспечения запасами изделий РЭС в Украине. Было произведено обоснование целесообразности перехода на двухуровневую систему обеспечения запасами изделий авиационной техники (СОБИАТ).

Глава 5 посвящена разработке методов совершенствования ремонта радиоэлектронных систем. В связи с тем, что в структуре затрат АП, особенно при организации эксплуатации согласно варианту W1 когда в ремонт попадают кроме снятых блоков, большое количество должно снятых блоков, велика доля затрат на восстановление, вопросы рациональной организации ремонта являются весьма актуальными.

Поэтому был выполнен анализ и построены математические модели действующей стратегии ремонта РЭС. Построенные математические модели позволили сформулировать понятия "прямых" и "непроизводительных" ремонтных затрат, выявить источники их возникновения и получить выражения для их количественной оценки.

Оценка действующей стратегии ремонта позволила выявить ряд существенных недостатков, к числу которых относятся: применение ручных СЭК, которые из-за субъективных особенностей оператора приводят к большим непроизводительным затратам; выполнение "жесткой" технологии операции ремонта без учета технического состояния изделий; отсутствие зависимости объема выполняемых работ от наработки и количества ремонтов изделий; отсутствие эффективной информационной службы надежности и оперативного учета данных при формировании ремонтных комплектов (РК).

На основании оценки действующей стратегии ремонта были разработаны основные направления ее совершенствования. Было определено, что основным условием внедрения прогрессивной стратегии ремонта является применение входного контроля с помощью НСЭК-1 при назначении глубины разборки и анализа статистики отказов с целью определения объема и перечня ремонтных операций. Вторым условием является создание на предприятии информационной службы надежности (ИСН) и диагностики, использующую локальные вычислительные сети, элементами которых являются автоматизированные НСЭК.

Таким образом прогрессивная стратегия ремонта предполагает такую совокупность правил назначения перечня и объема, ремонтно-восстановительных работ, которые учитывают класс значимости изделия, ремонтно и контролепригодность, техническое состояние изделия, ха-

растер изменения показателей надежности изделия в процессе эксплуатации, соотношение затрат на выполнение ремонтных операций в АТБ и АРБ, экономическую целесообразность продления ресурса или замены блока на блок первой категории.

В зависимости от уровня контролепригодности могут быть реализованы два вида прогрессивной стратегии ремонта. А, в зависимости от наличия на заводе ИСН могут быть реализованы три варианта технологий для каждого вида прогрессивных стратегий.

В главе произведена разработка математических моделей различных технологий в рамках прогрессивных стратегий ремонта и показаны условия, при которых они могут быть применены.

Математические модели позволяют производить расчет приведенных затрат на ремонт блоков при различных технологиях ремонта и производить оценку качества выполнения ремонтно-восстановительных работ.

Результатом исследований в главе является сравнительный анализ расчетов затрат по прогрессивной и действующей стратегии ремонта и вывод о целесообразности перехода на прогрессивную стратегию.

В главе 6 производится разработка средств эксплуатационного контроля перспективных радиоэлектронных систем. К таким СЭК которым относятся ВСК и наземные средства эксплуатационного контроля.

Полнота и достоверность оценки технического состояния РЭС во многом зависит от правильности выбора диагностических параметров. Поэтому, была предложена методика выбора диагностических параметров РЭС, позволяющая выбрать минимальную совокупность контролируемых параметров.

Сущность методики заключается в том, что на первом этапе выбирают обобщенный показатель качества функционирования РЭС. Например, для командной радиостанции это будет разборчивость речи в канале связи.

Вторым шагом является определение с помощью функциональной схемы РЭС и предварительных расчетов надежности РЭС и ее элементов, удельных интенсивностей отказов ее ССЭ.

Следующим шагом является определение функциональной значимости

прямых параметров путем построения и исследования математической модели объекта контроля (ОК) с последующей ранжировкой прямых параметров и выделения наиболее значимых.

На следующем этапе производится определение перечня косвенных измеряемых параметров путем построения структурно-логической модели. Затем производится аналогичная операция определения коэффициентов значимости косвенных параметров.

Следующим шагом является операция приведения соответствия косвенных параметров элементам или группе элементов (СЭ) структуры ОК. После чего, в результате поэлементного перемножения значений коэффициентов значимости косвенных параметров на соответствующие удельные интенсивности отказов, получают коэффициенты диагностической значимости косвенных параметров.

Используя эти коэффициенты можно выделить минимальную совокупность косвенных параметров, контроль которых позволяет с заданной вероятностью контролировать качество работы РЭС.

В главе, на примере бортовой командной радиостанции, взятой в качестве ОК, продемонстрирован порядок выбора контролируемых параметров и показаны примеры физической реализации ВСК, на которые получены авторские свидетельства.

Далее в главе рассмотрены вопросы разработки автоматизированных СЭК (АНСЭК).

Для выяснения целесообразности внедрения АНСЭК в АТБ были использованы математические модели, описывающие варианты построения системы ТОиР без АНСЭК (вариант W1) и вариант W2 с АНСЭК.

Вполне очевидно, что внедрение в АТБ АНСЭК будет целесообразно, если затраты на эксплуатацию при варианте W2 будут меньше чем при W1.

Анализ расчетов затрат при варианте W1 построения системы ТОиР показал, что наблюдается резкая зависимость этих затрат от условной вероятности "ложного" отказа фиксируемой ВСК (α). Так, при изменении α от 0 до 0,01 затраты увеличиваются более чем в 5 раз. В тоже время при организации системы ТОиР согласно варианту W2 эти

изменения не превышают 15%. Вполне очевидно, что эти две кривые пересекаются. Точка пересечения соответствует величине α порядка 0,0005. Таким образом, если условная вероятность "ложного" отказа ВСК превышает 0,0005 то всегда применение АНСЭК и переход на эксплуатацию согласно варианту W2 будет целесообразным.

Показав целесообразность внедрения в эксплуатацию АНСЭК, было выполнено обоснование их структуры построения. Для конкретных перспективных РЭС, эксплуатация которых предполагается в Украине, был выбран вариант рассредоточенной АНСЭК, состоящей из нескольких локальных станций, профилированных по типу контролируемого оборудования.

Кроме того, в главе были разработаны рекомендации по оценке контролю и ремонтпригодности РЭС. Получены математические выражения, позволяющие производить расчеты показателей контролю и ремонтпригодности.

В главе 7 разработаны рекомендации по совершенствованию системы технической эксплуатации перспективных РЭС. Как известно, система технической эксплуатации предполагает взаимодействие трех основных элементов, таких как объект эксплуатации, средства эксплуатации и обслуживающий персонал (ОП), объединенных определенными правилами назначения операций, характеризующими варианты построения системы ТОиР.

Результаты исследований, выполненных в предыдущих главах, содержат материалы позволяющие оценить свойства объекта эксплуатации и СЭК, а также рекомендации по обеспечению их эффективности.

Разработанные в предыдущих главах математические модели позволяют производить расчеты технико-экономической эффективности любого варианта построения системы ТОиР. На основании этих результатов была разработана методика выбора оптимального варианта построения системы ТОиР.

Методика содержит рекомендации по обоснованию состава исходных данных, их численному значению и порядок выбора оптимального варианта построения системы ТОиР.

При обосновании состава исходных данных использовались в основном данные о пер спективных РЭС, устанавливаемых на самолетах типа Ту-204, Ил-96, Ан-218. Было произведено обоснование средних значений стоимостей и продолжительности операций ТО, данных по наработке изделий, значений условных вероятностей "ложного" отказа (α) и "необнаруженного" отказа (β). Как показали расчеты эти величины α и β приблизительно составляют величину порядка 0,01.

Методика предполагает следующий порядок проведения анализа и расчетов:

- на первом шаге производится анализ объекта эксплуатации с точки зрения его функциональной значимости (анализируется признак A_1), после чего производится выбор показателей эффективности;

- на втором шаге производится выбор и определение шифров конкурирующих вариантов построения системы ТОиР и уточнение численных значений данных. Например уточняется и задается время восстановления изделия на ЗИ или АРЗ в зависимости от шифра конкурирующего варианта;

- затем производится выбор математических моделей, описывающих конкурирующие варианты построения системы ТОиР и определение среднего времени нахождения блоков в состояниях $MS_1, i=1,7$ по формулам (С-15);

- следующим шагом является определение технического показателя эффективности, например, по формуле (16) для K_T ;

- затем, используя результаты главы 4, определяют оптимальное количество запасных блоков (а при соответствующем варианте построения системы ТОиР и запасных ССБ) с учетом заданного времени восстановления;

- следующим шагом является определение, с учетом результатов полученных в главе 5, стоимости ремонта изделий РЭС;

- и наконец производят определение приведенных затрат для всех конкурирующих вариантов построения системы ТОиР.

Необходимо отметить, что для удобства проведения анализа ре-

зультатов все вычисления производятся при различных значениях условной вероятности "ложного" отказа (обычно в пределах от 0 до среднего значения для данного типа РЭС):

Последним этапом является выбор оптимального варианта построения системы ТОиР согласно рекомендациям, изложенным в главе 3.

В главе приведены примеры расчетов по изложенной методике для различных вариантов построения системы ТОиР. В результате расчетов был сделан вывод, что наиболее перспективными являются модификации базового варианта построения системы ТОиР №4 с шифрами А1 В3 С3 Д1 Е2 F4; А1 В3 С3 Д2 Е2 F4 и А1 В3 С3 Д3 Е2 F4.

Применение базового варианта W4 предполагает создание центров ТОиР, так как требует значительных капитальных вложений в АНСЭК, которые окупаются тем быстрее, чем больше парк ВС он обслуживает.

Выбор той или иной модификации варианта W4 определяется в основном ремонтопригодностью изделий и возможностью организовать в центре ТОиР восстановление сложных цифровых ССЕ.

Кроме того в главе рассмотрены вопросы повышения эффективности работы обслуживающего персонала путем автоматизации информационного процесса эксплуатации, а также рекомендации по организационно-технологической структуре подразделений технической эксплуатации и требований к специализации и квалификации обслуживающего персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации осуществлено теоретическое обобщение элементов теории эксплуатации, позволившее решить крупную проблему построения рациональной системы технической эксплуатации РЭС перспективных ВС.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Произведен выбор основных классификационных признаков, позволивших осуществить классификацию вариантов построения системы ТОиР и выделить четыре базовых варианта. В результате выделено

2. Разработаны и обоснованы технико-экономические показатели для оценки эффективности базовых вариантов построения системы ТОиР и их модификаций с различными классификационными признаками.

3. Разработан обобщенный показатель для оценки эффективности системы эксплуатации и показана его взаимосвязь с показателями эффективности базовых вариантов построения системы ТОиР.

4. Разработаны с использованием теории регенерирующих процессов математические модели базовых вариантов построения системы ТОиР и их модификаций. Доказана теорема, позволяющая определить средние продолжительности нахождения РЭС в различных состояниях процесса эксплуатации.

5. Разработана методология выбора оптимального варианта построения системы ТОиР, основанная на идее определения идеальной (утопической) точки в пространстве частных показателей.

6. Построены модели функционирования системы обеспечения обменным фондом изделий РЭС в процессе технической эксплуатации для базового аэропорта при любом из четырех возможных вариантов построения системы ТОиР и для транзитного аэропорта при варианте W1. На основе этих моделей разработаны целевые функции оптимизации обменного фонда для базового и транзитного аэропортов.

7. Разработана методика определения оптимальной численности обменного фонда, в основу которой положено определение среднего времени задержки в удовлетворении требований на запасной блок.

8. Показано, что наибольшая численность ОФ требуется при варианте построения системы ТОиР W1, кроме того для этого варианта характерна резкая зависимость численности ОФ от достоверности контроля ВСК времени восстановления.

9. Разработаны методы совершенствования ремонта РЭС, в основе которых лежат гибкие прогрессивные технологии, учитывающие как техническое состояние, так и наработку изделия к моменту ремонта. Применение прогрессивных технологий ремонта позволяет значительно сок-

ратить затраты на ремонт и повысить его качество.

10. Проведен комплекс работ по совершенствованию средств эксплуатационного контроля. Предложен ряд оригинальных реализаций ВСК перспективных РЭС, на которые получены авторские свидетельства. Разработано и внедрено на двух АРЗ автоматизированное НСЭЖ, позволяющее реализовать прогрессивную технологию ремонта, а в АТВ перейти от варианта построения системы ТОиР W1 к более прогрессивному W2.

11. Разработаны методические рекомендации по оптимизации процессов эксплуатации РЭС путем выбора оптимального варианта построения системы ТОиР, организации информационного обеспечения процесса эксплуатации и повышения уровня подготовки ОП.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Конахович Г.Ф. Повышение аффективности обслуживания и ремонта технических систем на основе контроля и диагностирования. - Киев: Знание, 1989. - 24с.

2. Конахович Г.Ф. Повышение аффективности обслуживания и ремонта технических систем. - Киев: Знание, 1987. - 24с.

3. Игнатов В.А., Конахович Г.Ф. и др. Диагностические комплексы систем автоматического самолетовождения. - М.: Транспорт, 1976. - 272с.

4. Игнатов В.А., Конахович Г.Ф., Уланский В.В. Принципы построения и эксплуатации систем связи воздушных судов. - Киев: КИИГА, 1989. - 171с.

5. Уланский В.В., Конахович Г.Ф., Мачалин И.А. Организация системы технического обслуживания и ремонта радиоэлектронного комплекса самолета Ту-204. - Киев: КИИГА, 1992. - 103с.

6. Конахович Г.Ф., Уланский В.В., Мачалин И.А. Особенности эксплуатации пилотажно-навигационных радиоэлектронных комплексов воздушных судов. - Киев: Знание, 1991. - 27с.

7. Конахович Г.Ф., Ткаченко Ю.Г. Эксплуатация сложных систем. Киев: Знание, 1981. - 18с.

8. Уланский В.В., Ткаченко Ю.Г., Конахович Г.Ф. Контроль и диагностика сложных систем. - Киев: Знание, 1980. - 22с.
9. Конахович Г.Ф., Уланский В.В. Диагностика технических систем. - Киев: Знание, 1979. - 25с.
10. Конахович Г.Ф., Стоянов В.Н. Система непрерывного контроля бортовых радиостанций летательных аппаратов. - София: Институт воздушного транспорта, Бюллетень №2. - с.20-27.
11. ГОСТ 24212-80. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Термины и определения. - М: Издательство стандартов, 1980. - 16с.
12. РД-50-609-44-89. Методические указания. Техническая диагностика. Методы определения показателей диагностирования. - Горький: ГФ ВНИИИМАш, 1990. - 44с.
13. ГОСТ Украины. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Организация гарантийного обслуживания авиационной техники. (Первая редакция). - Киев: ГК Украины по СМГС, 1992. - 70с.
14. Конахович Г.Ф. Алгоритмы определения технического состояния радиовзлетных систем оптимальными статистическими методами. // Вопросы авиационной радиотехники, технической эксплуатации и надежности радиооборудования: МежВУЗ сборник научных трудов. - Киев: КИИГА, 1976. - с.60-65.
15. Конахович Г.Ф., Ткаченко Ю.Г. Построение математической модели системы технического обслуживания изделий РЭО. // Перспективные методы обслуживания и управления надежностью, АирЭО воздушных судов: сборник научных трудов. - Киев: КИИГА, 1982. - с.104-108.
16. Конахович Г.Ф. Основные задачи построения встроенных средств контроля бортового радиоэлектронного оборудования. // Вопросы оптимального обслуживания и ремонта АирЭО воздушных судов ГА: сборник научных трудов. - Киев: КИИГА, 1985. - с.30-34.
17. Конахович Г.Ф., Тараненко А.Г. Методика определения перечня контролируемых параметров при построении систем контроля. // Контроль и управление техническим состоянием авиационного оборудования воздушных судов ГА: сборник научных трудов. - Киев: КИИГА, 1986. - с.20-26.
18. Конахович Г.Ф., Горемыкин В.К., Карпец В.И. Принципы автоматиза-

ции процессов технического обслуживания в ГА. // Проблемы повышения эффективности эксплуатации авиационного и радиоэлектронного оборудования воздушных судов ГА: сборник научных трудов. - Киев: КИИ-ГА, 1987. - с. 66-70.

19. Конахович Г.Ф., Ткаченко Ю.Г. Модели формирования оптимального состава запасных частей в интегрированной системе эксплуатации. // Методы обоснования характеристик технологических процессов эксплуатации радиоэлектронного оборудования ГА: сборник научных трудов. - Киев: КИИГА. - с. 22-28.

20. Конахович Г.Ф. Основные направления повышения эффективности эксплуатации авиационных радиоэлектронных систем. // Автоматизация контроля авиационного и радиоэлектронного оборудования воздушных судов ГА : сборник научных трудов. - Киев: КИИ-ГА, 1988. - с. 40-45.

21. А.С. №797395 (СССР). Устройство для диагностирования бортовых систем автоматического управления. /Игнатов В.А., Горемыкин В.К., Конахович Г.Ф. и др. - Опубл. в Б.И., 1980, №7.

22. А.С. №1001122 (СССР). Устройство для моделирования аэродинамических нагрузок. /Игнатов В.А., Горемыкин В.К., Конахович Г.Ф. и др. - Опубл. в Б.И., 1983 №8.

23. А.С. №1190796 (СССР). Имитатор физического воздействия на систему управления тягой двигателя /Горемыкин В.К., Конахович Г.Ф., Рыбин В.С. (Д.С.П.)

24. А.С. №1281038 (СССР). Устройство для диагностирования многоканальной системы передачи данных / Игнатов В.А., Конахович Г.Ф., Тараненко А.Р. (Д.С.П.)

25. А.С. №1182548 (СССР). Устройство для моделирования атмосферных явлений /Конахович Г.Ф. и др. - Опубл. в Б.И., 1985, №36

26. А.С. №1492315 (СССР) Устройство для контроля распределения электромагнитного поля радионалучающих средств /Тараненко А.Р., Конахович Г.Ф., Карпец В.И. и др. - Опубл. в Б.И. 1989, №25.

27. А.С. №1457155 (СССР). Способ допускового контроля амплитуды сигнала /Игнатов В.А., Боголюбов Н.В., Уланский В.В., Конахович Г.Ф. - Опубл. в Б.И., 1989, №5.

28. А.С. №1408535. Устройство для функционального контроля

радиостанций /Конахович Г.Ф. и др. -Опубл. в Б.И., 1988, №25.

29. А.С. №1615748(СССР). Устройство для контроля параметров радиоэлектронных узлов / Горемыкин В.К., Карпец В.И., Конахович Г.Ф., Тараненко А.Г. -Опубл. в Б.И., 1990, №47.

30. А.С. №1484235(СССР). Устройство автоматизированного контроля радиостанций/Конахович Г.Ф. и др. -Опубл. в Б.И., 1989, №26.

31. А.С. №1403974(СССР) Устройство для измерения чувствительности радиоприемника /Конахович Г.Ф. и др. (Д.С.П.).

32. А.С. №1401628(СССР). Устройство для автоматизированного контроля радиостанций / Конахович Г.Ф. и др. -Опубл. в Б.И., 1988, №21.

33. А.С. №1285607(СССР) Устройство для функционального контроля радиостанций / Конахович и др. -Опубл. в Б.И., 1987, №3.

34. А.С. №1264351(СССР). Устройство для автоматического контроля работоспособности связанных радиостанций / Конахович Г.Ф. и др. -Опубл. в Б.И., 1986, №33.

Подписано в печать 21.10.93. Формат 60x84/16. Бумага типографская. Offsetная печать. Усл. кр.-отт. 9. Усл.печ.л. 1,86. Уч.-изд.л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ 215-1. Цена . Изд. № 431/111.

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

AB 28.310

AB 28.310