

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

КИЕВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

На правах рукописи

КИЧИГИН Андрей Анатольевич

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ГИБКИХ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА АВИАЦИОННОГО ЭЛЕКТРОННОГО
И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Специальность 05.22.14 - " Эксплуатация воздушного
транспорта "

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев 1994



00756379 (.)

AB 30.017

представлена к защите в виде рукописи.
Работа выполнена в Киевском институте инженеров
гражданской авиации.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Кузовик Вячеслав Данилович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Соломенцев Александр Васильевич

кандидат технических наук, профессор
Протопопов Виктор Александрович

Ведущая организация: конструкторское бюро "ЛУЧ"
ПО им. Артема, г. Киев.

Защита состоится 27 мая 1994 г. в _____ часов
на заседании специализированного совета Д 072.04.01 при Киевском
институте инженеров гражданской авиации по адресу: 252058, ГСП,
Киев-58, проспект космонавта Комарова, 1, КИИГА.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КИИГА.

Отзывы на автореферат просим направлять ученому секретарю
специализированного совета в двух экземплярах, заверенные пе-
чатью организации

Автореферат разослан _____ апреля 1994 года.

Ученый секретарь специализированного
совета Д 072.04.01, д.т.н.

Н.Ф. Дмитриченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТ

Актуальность темы.

Экономическая эффективность использования авиационной техники (АТ) во многом зависит от результатов деятельности ремонтных предприятий, выполняющих ее ремонт.

Сложившаяся в настоящее время сеть ремонтных предприятий АТ не имеет рационального рассредоточения, а авиаремонтными заводам (АРЗ) присущ узкоспециализированный профиль деятельности. В большинстве случаев на АРЗ производится ремонт оборудования воздушных судов (ВС) двух-трех типов. Данная ситуация приводит к увеличению времени изъятия из эксплуатации изделий АТ, отправляемых на ремонт. Кроме того, существует необходимость содержания на складах авиатехнических баз (АТБ) большого количества запасных изделий для устранения возможных незапланированных простоев ВС, вызванных отказами оборудования и необходимостью отправки его на ремонт.

Анализ динамики изменения результатов деятельности ремонтного предприятий свидетельствует о устойчивой тенденции к возрастанию трудозатрат на ремонт, снижению качества выполняемых работ, увеличению расхода запасных элементов, электроэнергии. Это приводит к повышению себестоимости ремонта и снижению эффективности эксплуатации авиационной техники.

Во многом сложившаяся в ремонтном производстве ситуация определяется несовершенством технологических процессов ремонта (ТПР), в частности, недостатками применяемых технологий. К этим недостаткам можно отнести:

- низкий уровень автоматизации технологических операций;
- несоответствие объемов выполняемых ремонтных работ техническому состоянию (ТС) ремонтируемых изделий;
- отсутствие средств и методов объективной оценки ТС ремонтируемых изделий;
- отсутствие средств сбора, обработки и хранения статистической информации, необходимой для организации и проведения ремонтных работ.

Для большинства научных работ, посвященных вопросам перехода эксплуатации и ремонта авиационной техники на прогрессивные формы, характерным является исследование указанных проблем в отношении эксплуатации. Однако остается неисследованной проблема

перехода на ремонт по техническому состоянию изделий авиационного электронного и электротехнического оборудования (АЭЭО),

В настоящее время работы таких ученых, как В.П.Фролов, Н.Н.Смирнов, В.Д.Кузовик, Г.А.Кручинский определили три основных направления совершенствования технологических процессов ремонта авиационной техники:

- научное обоснование процесса совершенствования системы ремонта;

- совершенствование содержания технологических процессов ремонта;

- оптимизация методов организации и управления технологическими процессами ремонта.

Однако, несмотря на большое число публикаций по данным направлениям, нерешенными остаются задачи, связанные с обоснованием принципов создания ресурсосберегающих технологий ремонта АЭЭО, обеспечивающих повышение рентабельности функционирования ремонтных предприятий.

Таким образом, возникает проблема создания новых технологий ремонта, обладающих свойствами гибкости и обеспечивающих минимальные затраты при проведении ТНР. Под гибкостью технологий подразумевается способность их быстрой адаптации к ремонту новой техники, а также возможность формирования объемов выполняемых работ, соответствующих техническому состоянию ремонтируемых изделий. Ресурсосбережение при использовании разрабатываемых технологий планируется за счет применения автоматизированных и компьютеризованных средств проведения технологических операций ремонта, а также методов их рациональной организации. Снижение затрат на ремонт предполагается получить за счет снижения трудоемкости технологических операций и повышения качества выполнения ремонтных работ.

Цель диссертационной работы - разработка методов и средств, обеспечивающих создание и внедрение перспективных ресурсосберегающих технологий ремонта изделий АЭЭО.

Объектами, для которых производится разработка технологий, выбран класс изделий АЭЭО, техническое состояние которых может быть определено с помощью контроля их электрических параметров.

Задачи, решаемые в диссертационной работе:

- разработка и исследование математической модели движения изделий АЭЭО в структуре системы их эксплуатации и

ремонта для определения условий устойчивости этого процесса;

- определение состава и характера управляющих воздействий, направленных на изменение эффективности ремонтного производства;
- разработка структуры ресурсосберегающего ТПР;
- разработка методики определения рациональных значений основных технико-экономических показателей (ТЭП) ресурсосберегающего процесса ремонта на ранних стадиях проектирования;
- разработка процедуры формирования объемов ремонтных работ, соответствующих техническому состоянию ремонтируемых изделий;
- разработка методики определения рационального состава диагностических параметров изделий АЗ30 с учетом показателей их ремонтпригодности;
- разработка методики определения оптимального состава и последовательности выполнения технологических операций ремонта;
- создание аппаратных и программных средств, обеспечивающих выполнение предлагаемых технологий.

Методы исследований.

При решении указанных задач использован аппарат: теории системного анализа; теории дифференциальных исчислений; математической статистики; имитационного и регрессионного моделирования; теории графов; теории чувствительности.

Научная новизна и основные положения, выносимые на защиту:

1. Математические модели управляющих параметров ТПР и возможность их использования для определения устойчивости процесса движения изделий АЗ30 в контуре "АТБ-АРЗ-АТБ".
2. Регрессионная модель для определения трудоемкости выполнения ремонтных работ и целесообразность ее применения для выбора рациональных значений ТЭП ремонта.
3. Структура автоматизированного ресурсосберегающего ТПР АЗ30 и возможность ее применения для ремонта оборудования близкого профиля.
4. Методика выбора значений технико-экономических показателей ТПР на ранних стадиях проектирования и целесообразность ее использования для разработки средств автоматизации технологических операций ремонта.
5. Способ формирования гибких технологий ремонта АЗ30 и возможность его применения для оптимизации объемов выполняемых ремонтных работ.

6. Методика выбора рационального состава диагностических параметров ремонтируемых изделий и целесообразность использования для этих целей показателей их ремонтной пригодности.

7. Аппаратные и программные средства для проведения операций оценки ТС и регулировки параметров изделий АЗ30 и возможность применения этих средств при ремонте оборудования близкого профиля.

Практическая ценность работы состоит в том, что :

- разработанная структура ресурсосберегающего ТПР может быть использована на предприятиях, специализирующихся на ремонте АЗ30 или оборудования близкого профиля, для внедрения автоматизированных и компьютеризованных технологий их ремонта;

- предложенная методика выбора рациональных значений основных ТЭП ТПР на ранних стадиях проектирования может быть использована при планировании технической и технологической модернизации ТПР, обеспечивая повышение экономической эффективности его деятельности;

- разработанная методика формирования гибких технологий ремонта изделий АЗ30 обеспечивает снижение трудозатрат при выполнении технологических операций и способствует повышению качества ремонтных работ;

- разработанные средства для выполнения технологических операций ремонта могут быть использованы на ремонтных предприятиях и заводах-изготовителях изделий АЗ30 для сокращения времени проведения этих операций и повышения достоверности их результатов.

Разработанные средства доведены до уровня инженерного использования в виде программного обеспечения решения поставленных задач, а также лабораторных образцов автоматизированных комплексов для оценки ТС изделий АЗ30.

Внедрение.

Результаты диссертационной работы внедрены на предприятиях гражданской авиации в виде: "Методики построения автоматизированного ТПР А0" (АРЗ NN403,410,412), "Методики выбора основных технико-экономических показателей автоматизированных комплексов по оценке ТС изделий А0" (АРЗ 410), "Комплекса алгоритмов и программ по определению ТС изделий АЗ30, ремонтируемых на авиаремонтных заводах" (АРЗ 410), а также лабораторных образцов автоматизированных комплексов для оценки ТС изделий АЗ30 (АРЗ 410);

Экономический эффект от внедрения результатов работы составляет 560 тыс. рублей (в ценах 1989 года).

Полученные результаты используются в учебном процессе ФАО КИИГА в качестве методической базы для проведения курсового и дипломного проектирования, практических и лабораторных занятий по курсам "Технологические процессы ремонта АЗ30", "Средства автоматизации технологических процессов ремонта АЗ30".

Апробация работы и публикации.

Результаты работы докладывались и обсуждались:

- на НТС "Автоматизация технологических процессов авиаре-
монтного производства", Москва, Авиаремонт, 1984;
- на практическом семинаре "Разработка и внедрение средств
автоматизированной проверки Аир30 с применением ЗВМ", Киев, АРЗ
410 ГА, 1986;
- на НТК "Эксплуатация автоматизированных систем управления
воздушных судов и безопасность полетов", Киев, КИИГА, 1986;
- на НТК "Механизация и автоматизация технологических про-
цессов технической эксплуатации авиационной техники", Киев,
КИИГА, 1988;
- на международном НТС "Методы управления системной эффек-
тивностью функционирования электрифицированных и пилотажно-нави-
гационных комплексов", Киев, КИИГА, 1993.

По теме диссертации опубликовано девять печатных работ.

Структура диссертации и ее объем.

Работа состоит из введения, четырех глав, основных резуль-
татов и выводов, списка литературы, списка обозначений и сокра-
щений и четырех приложений. Объем работы без приложений, библио-
графии, рисунков и таблиц составляет 154 страницы. Диссертация
содержит 14 таблиц, 26 рисунков, 74 библиографических названия,
общий объем работы - 200 страниц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается выбор темы диссертационной рабо-
ты, ее актуальность, формулируется цель и задачи исследований,
дается краткий обзор содержания глав.

В первой главе решаются задачи определения параметров управ-
ления эффективностью ремонтного производства и разработки метода
оценки их влияния на характеристики процесса движения изделий

авиационной техники в структуре системы эксплуатации и ремонта.

Процесс движения изделий происходит в замкнутой системе, основными структурными элементами которой являются подсистемы эксплуатации и ремонта. Перемещение изделий между элементами структуры системы описывается потоками, каждый из которых характеризуется своей интенсивностью. К подсистемам эксплуатации и ремонта могут быть приложены управляющие воздействия, направленные на изменение результатов их функционирования. Управляющие воздействия представляют собой комплекс управляющих параметров, зависящих от технико-экономических характеристик процессов эксплуатации и ремонта. Совершенствование этих процессов, заключающееся в изменении их технико-экономических характеристик, приводит к изменению состояния системы и интенсивностей потоков в ней.

При этом характер процесса движения изделий в рассматриваемой системе может стать неустойчивым. Это выражается в простоях ВС из-за отсутствия на складах АТБ изделий обменного фонда или в отсутствии возможности ремонтных предприятий выполнять ремонт изделий в установленные сроки.

Для оценки влияния результатов совершенствования ТПР на поведение системы эксплуатации и ремонта АТ необходимо:

- разработать математическую модель процесса движения изделий в контуре "АТБ-АРЗ-АТБ";
- определить состав управляющих параметров ТПР и разработать их математические модели;
- определить условия устойчивости процесса движения изделий и выразить их через управляющие параметры.

Для построения математической модели процесса движения изделий разработана структура системы эксплуатации и ремонта АЗ30 и дана характеристика функций ее элементов. В общем виде определены интенсивности существующих в системе потоков и найдены соотношения между ними. Установлено, что интенсивности потоков пропорциональны двум множествам: Y_1 - множеству изделий, находящихся в эксплуатации, и Y_2 - множеству изделий, поступивших на склады АТБ после проведенных ремонтных работ.

Устойчивость функционирования системы эксплуатации и ремонта определяется выполнением соотношения

$$\alpha Y_1(t) = Y_2(t) + E(t), \quad (1)$$

где α - коэффициент, характеризующий соотношение множеств изделий, находящихся на складах АТБ, и изделий, установленных на

борту парка ВС: $Y_1(t)$, $Y_2(t)$ и $E(t)$ - функции изменения математических ожиданий множеств Y_1 , Y_2 , E (E - множество изделий I-ой категории, поступающих с заводов-изготовителей в эксплуатацию). Значение коэффициента d ($d \leq 1$) может быть уменьшено при выполнении условий:

$$K_k > K_k^* ; C_m < C_m^* ; C_n = 0, \quad (2)$$

где K_k - показатель качества ремонта; C_m - стоимость изделий I-ой категории; C_n - потери от незапланированных простоев ВС; K_k^* , C_m^* - значения K_k и C_m для существующих процессов эксплуатации и ремонта АЗ30.

Результаты исследования статистических данных, характеризующих потоки изделий в системе, позволили классифицировать функции $Y_1(t)$ и $Y_2(t)$ как непрерывные, детерминированные и дифференцируемые. Исходя из этого, математическая модель движения однотипных изделий в контуре "АТБ-АРЗ-АТБ" представляет собой систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dY_1}{dt} = -(a-e) \cdot Y_1 + d \cdot Y_2 + U_1(t), \\ \frac{dY_2}{dt} = \varepsilon \cdot Y_1 + (g-b_3) \cdot Y_2 + U_2(t), \end{cases} \quad (3)$$

где a - коэффициент, характеризующий интенсивность демонстрации изделий с борта ВС; e и d - коэффициенты, характеризующие соответственно интенсивности поступления в эксплуатацию изделий I-ой категории и отремонтированной продукции; ε и b_3 - коэффициенты, характеризующие соответственно интенсивности выпуска отремонтированной и образования бракованной продукции на ремонтных предприятиях; g - коэффициент, характеризующий интенсивность поступления на ремонтные предприятия изделий I-ой категории, предназначенных для пополнения обменных фондов; $U_1(t)$ и $U_2(t)$ - управляющие воздействия, направленные на изменение результатов деятельности эксплуатационных и ремонтных предприятий.

В работе показано, что все коэффициенты, входящие в систему (3), изменяются в пределах $[0, 1]$.

В результате анализа корней характеристического уравнения системы (3), условие устойчивости процесса движения изделий установлено в виде:

$$d \cdot \varepsilon < a_1 \cdot g_1, \quad (4)$$

$$\text{где } a_1 = a - e ; g_1 = g - b_3.$$

Управляющее воздействие $U_2(t)$, направленное на изменение

показателей функционирования ремонтных предприятий, приводит к изменению значений коэффициентов ε и g_1 . Вследствие этого, выполнение условия (4) может быть нарушено. Исходя из отмеченного, оценку влияния мероприятий по совершенствованию ТПР на устойчивость процесса движения изделий целесообразно проводить по условию, выраженному через управляющие параметры ТПР. К их числу отнесены:

V_{PP} - объемы ремонтных работ, проводимых для восстановления уровня надежности ремонтируемых изделий;

K_p - коэффициент качества выполняемых ремонтных работ;

$V_{зип}$ - объемы запасных элементов и расходных материалов, необходимых для выполнения ремонта;

P_T - надежность работы оборудования, используемого для ремонта.

Установлено, что

$$\varepsilon = f_1 (V_{PP}, P_T); \quad (5)$$

$$g_1 = f_2 (V_{зип}, K_p). \quad (6)$$

В главе разработаны математические модели для расчета указанных управляющих параметров. Приведено условие устойчивости процесса движения изделий в системе эксплуатации и ремонта, выраженное через эти параметры.

В результате проведенных исследований:

- определен состав управляющих параметров ТПР и разработаны их математические модели;

- установлены условия устойчивости процесса движения изделий АЗЭО в системе эксплуатации и ремонта.

Во второй главе решается задача разработки структуры ресурсосберегающего ТПР и определения рациональных значений его отдельных технико-экономических показателей.

Проведенный в работе анализ существующего ТПР изделий АЗЭО выявил технологические операции, оказывавшие наибольшее влияние на эффективность процесса ремонта. К их числу отнесены операции входного контроля, выходных испытаний, регулировки и настройки параметров изделий.

Установлено, что этим операциям присущи:

- большие трудозатраты, связанные с низким уровнем их автоматизации;

- низкая достоверность получаемых результатов, что вызвано

применением морально устаревшего технологического оборудования.

Принимаемые в условиях неопределенности решения о техническом состоянии изделий и объемах планируемых ремонтных работ, наряду с отмеченными недостатками, приводят к снижению эффективности ремонта.

В главе разработана структура ресурсосберегающего ТПР, основными элементами которой являются автоматизированные рабочие места (АРМ) для выполнения технологических операций и справочно-информационная система данных (СИСД). СИСД осуществляет сбор, обработку и хранение статистических данных, а также информационное и программное обеспечение выполнения технологических операций. В состав оборудования АРМ входят комплекты персональных ЭВМ, обеспечивающих программную поддержку проводимых ремонтных работ. Технология ремонта каждого изделия формируется на этапе входного контроля на основании результатов оценки ТС. Справочно-информационная система контролирует ход выполнения каждого этапа и, при необходимости, осуществляет корректировку объемов выполняемых работ.

Следующий этап исследований посвящен определению рациональных значений технико-экономических показателей проектируемого ТПР.

Определение значений технико-экономических показателей производится с использованием стоимостного критерия F оценки эффективности функционирования ТПР. В качестве оценочного показателя критерия F взята величина C_p суммарных затрат на ремонт изделий выбранного типа за период времени T :

$$F = C_p(T) = A(t) + B(t) + R(t) + W(t). \quad (7)$$

где $A(t)$ - суммарные затраты на заработную плату исполнителям; $B(t)$ - затраты на использование при ремонте запасных элементов, расходные материалы, электроэнергию; $R(t)$ - амортизационные отчисления от используемого при ремонте технологического оборудования; $W(t)$ - затраты в виде штрафов за незапланированный простой ВС на ремонте.

Определение рациональных значений технико-экономических показателей ТПР сводится к поиску минимума математического ожидания величины $C_p(T)$ при вариации составляющих в уравнении (7):

$$F = M[C_p(T)] \Rightarrow \min F. \quad (8)$$

Определение минимального значения F производится при следующих ограничениях:

$$M[k_{\text{ес}}(T)] > \bar{k}_{\text{ес}}; \quad M[k_{\text{ин}}^{\omega}(T)] > \bar{k}_{\text{ин}}^{\omega}; \quad i = \overline{1, N}$$

$$D \geq D^*; \quad Q \geq Q^*; \quad G \geq G^* \quad (9)$$

где $M[k_{\text{ес}}(T)]$ и $M[k_{\text{ин}}^{\omega}(T)]$ - математические ожидания количества плановой и иногородней продукции, отремонтированной на предприятии за время T , $\bar{k}_{\text{ес}}$ и $\bar{k}_{\text{ин}}^{\omega}$ - количество ремонтируемой плановой и иногородней продукции при существующих технологиях ремонта; N - количество типов изделий, для которых планируется внедрение новых технологий ремонта; D, Q, G - достоверность результатов работы, производительность и надежность внедряемого технологического оборудования; D^*, Q^*, G^* - достоверность результатов работы, производительность и надежность применяемого технологического оборудования.

Определение рациональных значений технико-экономических показателей ТПР при использовании критерия (7) имеет ряд сложностей, обусловленных:

- многофакторность проводимого исследования и вероятностным характером изменения значений характеристик ТПР, входящих в критерий (7);
 - большой длительностью проведения экспериментов в реальной системе и возможностью нанесения экономических потерь производству при получении отрицательных результатов.
- Учитывая изложенное, для проведения исследований в работе использовалась имитационная модель ТПР. При моделировании процесс ремонта рассматривался как система массового обслуживания со следующими свойствами:

- поэтапное выполнение операций;
 - приоритетность обслуживания заявок;
 - возможность существования очереди необслуженных заявок без выбывания.
- На входе технологического процесса ремонта АЗЭО существует четыре потока заявок на обслуживание:
- поток изделий, входящих в состав оборудования ВС, прибывшего на ремонт (плановая продукция);
 - поток отдельных изделий, поступающих на ремонт из различных эксплуатационных подразделений (иногородняя продукция);
 - поток изделий, забракованных после проведения этапа входных испытаний;
 - поток изделий, забракованных после этапа летных испытаний.

Каждый этап ТПР характеризуется временем обслуживания, которое является случайной величиной.

Модель, отвечающая указанным условиям, реализована на ПЭВМ для участка ремонта электрооборудования самолетов Ан-24, Ан-26, Ан-30. Работа алгоритма основана на применении метода Монте-Карло и в качестве критерия эффективности ТПР использует оценочный показатель (7). Однако, использование метода стохастического перебора значений показателей ТПР для выполнения условия (8) требует больших временных затрат при проведении исследований. Поэтому в работе предлагается следующий путь определения рациональных значений технико-экономических показателей ТПР.

Начальный этап заключается в определении состава технико-экономических показателей, оказывающих наиболее существенное влияние на изменение управляющих параметров ТПР. Проводится с использованием дисперсионного анализа математических моделей управляющих параметров.

Далее производится построение регрессионной модели исследуемого управляющего параметра, включающей выбранные на предыдущем этапе технико-экономические показатели ТПР. Используя уравнение регрессии, определяются области допустимых значений этих показателей, исходя из установленных ограничений.

Наконец, используя имитационную модель и стоимостной критерий эффективности ТПР, производится выбор рациональных значений технико-экономических показателей, обеспечивающих выполнение условия (8).

По изложенной методике в работе был исследован управляющий параметр V_{PP} .

В общем виде зависимость управляющего параметра V_{PP} от технико-экономических показателей ТПР выражена:

$$V_{PP} = \varphi(n_z, n_p, \xi_z, \xi_{pp}, D_{вх}, D_{дгф}, D_{вых}), \quad (10)$$

где n_z - количество заменяемых или ремонтируемых функциональных элементов в изделии; n_p - количество настраиваемых параметров; ξ_z и ξ_{pp} - количество диагностических и прогнозирующих параметров изделия, выбранных для оценки его технического состояния; $D_{вх}$, $D_{дгф}$, $D_{вых}$ - достоверности результатов выполнения технологических операций входного контроля, дефектации (визуальной оценки технического состояния изделия) и выходных испытаний.

В качестве оценочного показателя параметра V_{PP} принята величина математического ожидания времени T_p выполнения ремонтных работ:

$$T_p = M[t_i^{(n)}] = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^z t_{ik}^{(n)}}{m}, \quad (11)$$

где $t_{ik}^{(n)}$ - время проведения k -ой технологической операции ремонта изделия n -го типа, z - количество технологических операций ремонта, необходимых для восстановления изделия, m - количество изделий n -го типа, прошедших цикл ремонта за период наблюдения.

Дисперсионный анализ технико-экономических показателей ТПР, входящих в (10), заключается в определении степени влияния каждого из них на величину дисперсий выбранного оценочного показателя T_p . Исходными данными для проведения дисперсионного анализа являются результаты многофакторного эксперимента, в котором исследуемые технико-экономические показатели ТПР классифицируются как независимые факторы, а оценочный показатель T_p - как отклик. Эксперимент проводился с применением имитационной модели ТПР. Обработка результатов эксперимента была выполнена по разработанному алгоритму проведения дисперсионного анализа. Работа алгоритма базируется на принципах определения попарной различимости всех полученных в ходе эксперимента значений откликов. Оценка различимости осуществляется с использованием вычисляемого значения нормированной ошибки отклика и выбираемых значений рангов Дункана для заданного уровня значимости.

Исследование результатов эксперимента по разработанному алгоритму позволило определить наиболее существенные различия для полученных значений T_p и выявить состав факторов, действие которых обусловило эти различия. Для исследуемого оценочного показателя T_p наиболее значимыми факторами признаны: $D_{вх}$, $D_{дес}$, $D_{вык}$.

Таким образом, функциональная зависимость трудоемкости выполнения ремонтных работ от технико-экономических показателей ТПР в общем виде может быть представлена

$$T_p = \psi(D_{вх}, D_{дес}, D_{вык}). \quad (12)$$

Значения коэффициентов регрессионного уравнения были определены после проведения полного факторного эксперимента, статистической обработки его результатов и проверки его воспроизводи-

ности. Эксперимент проводился с помощью имитационной модели ТПР. Статистическая обработка данных эксперимента о трудоемкости выполняемых ремонтных работ включала в себя определение средних значений, приращений и выборочных дисперсий исследуемого параметра. Проверка воспроизводимости проводилась с использованием критерия Кохрана для уровня значимости $\alpha = 0,05$. Полученные результаты подтвердили воспроизводимость эксперимента. Определение коэффициентов уравнения регрессии проводилось на ЭВМ с использованием разработанной программы.

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$T_p = 88,483 - 19,475 D_{вх} - 7,035 D_{дес} - 40,91 D_{вых}. \quad (13)$$

В работе доказана адекватность созданной модели. Результаты исследования показали, что для снижения трудозатрат при ремонте на 15 - 20% и себестоимости ремонта на 5-15% значения исследуемых технико-экономических показателей должны составлять:

$$D_{вх} = 0,92 \pm 0,96; D_{дес} = 0,70 \pm 0,80; D_{вых} = 0,94 \pm 0,98.$$

Полученные данные могут быть приняты в качестве исходных требований на разработку технологического оборудования для проведения этапов входного контроля и выходных испытаний.

Таким образом, в результате проведенных исследований:

- разработана структура ресурсосберегающего ТПР;
- разработана методика определения значений технико-экономических показателей ТПР на ранних стадиях его проектирования.

В третьей главе разработаны методики, обеспечивающие создание гибких ресурсосберегающих технологий.

Отличие гибких технологий ремонта от применяемых заключается в том, что объемы назначаемых для изделий ремонтных работ зависят не только от периода их наработки, но и от их технического состояния.

Процедура формирования предлагаемых технологий производится на этапе входного контроля ТПР и включает в себя:

- определение множества S функциональных элементов изделия, для которых требуется проведение ремонтных работ;
- определение множества R технологических операций, выполняемых для ремонта или замены элементов множества S ;
- определение рациональной последовательности выполнения технологических операций, вошедших в множество R .

Определение в изделии функциональных элементов, требующих замены или ремонта, производится на основании результатов прове-

дения автоматизированных операций оценки ТС и визуального осмотра изделия.

В состав множества S входят функциональные элементы изделия, необходимость замены или ремонта которых установлена;

- при анализе их надежностных характеристик;
- при выполнении операций диагностирования и прогнозирования ТС;
- при визуальном осмотре изделия.

Для элементов множества S производится выбор технологических операций, необходимых для их ремонта или замены. После этого формируется оптимальная последовательность их выполнения. Полученный результат представляет собой искомую технологию ремонта. В структуре ППР выполнение всех указанных процедур производится справочно-информационной системой данных. Алгоритм организации работы справочно-информационной системы данных при решении указанной задачи разработан и представлен в главе.

Для реализации алгоритма необходимо:

- разработать методику определения диагностических параметров для изделий А330;
- разработать методику определения оптимальной последовательности выполнения технологических операций ремонта.

Диагностические параметры изделий А330, выбираемые для оценки ТС должны обеспечивать:

- максимальную глубину и полноту оценки ТС;
- максимальную достоверность получаемых результатов;
- минимальную трудоемкость проведения операций оценки ТС.

Методика выбора диагностических параметров для изделий А330 включает в себя:

- процедуру проведения инженерного анализа и определения показателей ремонтпригодности исследуемых изделий;
- процедуру проведения математического моделирования изделий;
- методы, алгоритмы и программы для выбора диагностических и прогнозирующих параметров.

Для создания методики разработаны:

- способ обработки и систематизации данных о технических характеристиках изделий;
- состав показателей ремонтпригодности и аналитические выражения для определения их значений;

- алгоритмы и программы выбора диагностических и прогнозирующих параметров.

В ходе исследований установлено, что для изделий АЗЗ0 аналогового типа наиболее рациональным методом моделирования является использование топологических моделей, а для изделий дискретного типа - функционально-логических моделей. Выбор диагностических параметров для изделий аналогового типа проводился с помощью методов теории чувствительности, для изделий дискретного типа - теории информации.

Методика определения оптимальной последовательности выполнения технологических операций ремонта основывается на применении одного из методов исследования графов. Для реализации выбранного метода исследуемое изделие представляется в виде графа $G(I, U)$, множество $\{i_i\} \in I$ вершин которого соответствует множеству ремонтируемых или заменяемых элементов, а множество $\{u_{ij}\} \in U$ дуг - возможным путям доступа к выбранным функциональным элементам изделия. Каждой дуге u_{ij} поставлена в соответствие трудоемкость t_{ij} доступа к j -му функциональному элементу при условии наличия факта демонтажа i -го элемента. Критерием оптимальности формируемой технологии является ее минимальная длина при условии выполнения всех намеченных ремонтных работ. Длина технологии характеризуется временем выполнения ремонтных работ, а оптимальность технологии определяется выполнением условия:

$$T_p = \sum^S t_{ij} \Rightarrow \min T_p, \quad (14)$$

где T_p - время выполнения заданного объема ремонтных работ; S - количество элементов изделия, требующих замены или восстановления. Для решения указанной задачи использовался алгоритм Мура. Данный метод целесообразно применять при исследовании объектов, имеющих большое количество ремонтируемых элементов или большое число вариантов путей в графе G , приводящих к достижению заданных вершин.

Все результаты изложенных выше работ сведены в единую методику, направленную на создание гибких технологий ремонта АЗЗ0. Использование методики обеспечивается разработанными программными средствами для выбора состава диагностических параметров и определения оптимальной последовательности выполнения ремонтных работ.

Четвертая глава посвящена разработке инструментальных и

программных средств, обеспечивающих проведение автоматизированных операций оценки ТС и регулировки параметров изделий. Под инструментальными средствами подразумевается оборудование автоматизированных рабочих мест, построенное на базе применения персональных ЭВМ. Кроме организации программной поддержки выполняемых технологических операций, ПЭВМ осуществляет обмен информацией между исполнителем и справочно-информационной системой данных.

Разработка оборудования автоматизированного рабочего места для выполнения указанных выше технологических операций проводилась в несколько этапов.

На первом этапе был определен состав оборудования АРМ и исходные требования на его разработку. Исходными данными для выполнения этапа служили:

- технические характеристики ремонтируемых изделий;
- результаты анализа процедур выполнения технологических операций;
- значения технико-экономических показателей ТПР, определенные в ходе предыдущих исследований.

В качестве исходных требований на разработку оборудования устанавливались значения следующих показателей: достоверности результатов измерений, надежности, быстродействия, рода и диапазона изменения измеряемых сигналов, количества измерительных каналов, ориентировочной стоимости.

На втором этапе производилась разработка структуры оборудования рабочего места. В структуру вошли: ПЭВМ, источники стимулирующих сигналов, коммутатор стимулирующих и контролируемых сигналов, периферийные модули ПЭВМ, осуществляющие связь процессора с коммутатором и ремонтируемым изделием.

На заключительном этапе производилась разработка и изготовление периферийных модулей ПЭВМ, а также отладка их взаимодействия в структуре. Работы заключительного этапа проводились с применением программных средств, созданных для выполнения автоматизированных технологических операций.

Основные требования на создаваемое программное обеспечение

- модульность построения алгоритмов и программ;
- единство информационной базы отдельных программных модулей;
- гибкость применения для изделий различных типов;

- возможность наращивания при создании новых инструментальных средств или новых технологических операций.

Реализация принципа модульности построения программных средств основана на принципе модульности построения инструментальных средств. Кроме того, анализ технологических операций позволил выделить в них ряд стандартных процедур, отличающихся друг от друга только рабочими параметрами.

По своему функциональному назначению разработанные программные средства делятся на:

- программные модули взаимодействия ПЭВМ с ремонтируемыми объектами;
- программные модули приема и обработки диагностической информации;
- программные модули документирования информации;
- драйверы инструментальных модулей;
- базы данных, содержащие массивы справочной информации.

Отличительной особенностью функционирования группы команд взаимодействия ПЭВМ с объектом является необходимость поддержания режима реального времени и реализация обмена информацией с отдельными инструментальными модулями АРМ. Для обеспечения режима реального времени использовался системный таймер ПЭВМ, а для организации обмена информацией - драйверы ввода-вывода.

К командам обработки диагностической информации относятся программные модули, обеспечивающие проведение процедуры принятия решения о техническом состоянии ремонтируемых изделий. Информация, полученная от объекта в ходе измерения его контролируемых параметров, обрабатывается по алгоритмам диагностического анализа, разработанным в предыдущей главе.

Программные модули документирования полученных результатов реализуют процедуры оформления обработанной информации в виде стандартных текстовых документов, а также обеспечивают занесение полученных данных в соответствующие базы справочно-информационной системы данных.

В главе приведены примеры реализации отдельных программных модулей, а также алгоритмов выполнения автоматизированных технологий оценки технического состояния, регулировки и настройки параметров некоторых типов ремонтируемых изделий.

Таким образом, результатом выполненных работ явилось создание аппаратных и программных средств, обеспечивающих проведе-

ние автоматизированных технологических операций ремонта и обработки полученных результатов.

В приложениях к работе содержатся:

- состав и расчетные значения исходных данных для моделирования ТПР с применением имитационной модели;
- результаты моделирования ТПР;
- технические данные стимулирующих и контролируемых сигналов изделий АЗ30;
- материалы по внедрению результатов диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Построена математическая модель процесса движения изделий АЗ30 в контуре системы эксплуатации и ремонта.
2. Установлен характер управляющего воздействия, направленного на изменение показателей деятельности ремонтных предприятий, и определен состав его управляющих параметров.
3. Определены условия устойчивости процесса движения изделий АЗ30 в контуре системы эксплуатации и ремонта.
4. Разработана регрессионная модель для определения трудоемкости выполняемых ремонтных работ. Определены рациональные значения достоверностей результатов выполнения операций входного контроля, выходных испытаний и дефектации, позволяющие снизить трудозатраты на ремонт на 15-20% и его себестоимость на 5-15%.
5. Разработана структура ресурсосберегающего ТПР.
6. Разработана процедура формирования гибких ресурсосберегающих технологий ремонта АЗ30.
7. Разработаны методики определения рационального состава диагностических параметров и оптимальных объемов ремонтных работ.
8. Разработаны и изготовлены два варианта автоматизированных комплексов для проведения операций оценки ТС и регулировки параметров изделий АЗ30.
9. Разработано программное обеспечение для решения указанных задач.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Для однотипных изделий, интенсивность отказов которых, представляет собой неслучайную функцию, процесс их движения в

системах массового обслуживания может быть описан нелинейными дифференциальными уравнениями.

2. Существуют закономерности в изменении состояний процесса движения демонтированных изделий в системе их эксплуатации и ремонта в зависимости от изменения технико-экономических параметров технологического процесса ремонта.

3. При создании технического задания на разработку перспективных ТПР целесообразно использовать разработанные в диссертации: имитационную модель технологического процесса ремонта и регрессионную модель для определения трудоемкости выполняемых ремонтных работ.

4. Для оценки эффективности методов и средств совершенствования технологических процессов ремонта целесообразно использовать стоимостной критерий в виде суммарных затрат на ремонт изделий выбранного типа.

5. Для оптимизации выбора диагностических параметров и последовательности выполнения ремонтных работ эффективно применение временного показателя, функционально связанного с характеристиками ремонтпригодности исследуемых изделий.

6. При установленном множестве технологических операций, назначенных для ремонта изделия, формирование технологии ремонта минимальной длины целесообразно проводить с использованием метода исследования графов.

7. Разработанную методику построения гибких ресурсосберегающих технологий ремонта авиационного электронного и электротехнического оборудования возможно использовать для аналогичных изделий различных областей применения.

Публикации по теме диссертационной работы.

1. КИЧИГИН А.А., Кузовик В.Д., Ткаченко В.Г. Определение параметров оценки технического состояния изделий АО на ремзаводе. В кн.: Совершенствование технологических процессов ремонта АТ на заводах ГА. М.: ГУРАТ, 1986. — с. 163-170.

2. КИЧИГИН А.А., Кузовик В.Д., Пилипчук В.С. Оптимизация выбора диагностических признаков объектов авиационного оборудования. В кн.: Контроль и диагностирование А и РЗ0 воздушных судов гражданской авиации. К.: КИИГА, 1984. — с. 46-49.

3. КИЧИГИН А.А., Пилипчук В.С. Методы повышения эффективности контроля и диагностирования авиационного оборудования. К.: Знание, 1986. — 14 с.

4. КИЧИГИН А.А., Кононов С.П., Кузовик В.Д. и др. Автоматический комплекс диагностики и проверки параметров самолетного электрического оборудования на базе ЭВМ СОУ-1 (АК-1). М.: ЦИТИ ГА, 1987. - 2 с.

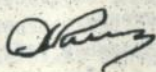
5. КИЧИГИН А.А., Кохановский Л.Н. Метод определения сроков настройки параметров изделий авиационного оборудования. В кн.: Авиационное оборудование. Вопросы повышения эффективности эксплуатации систем авиационного оборудования. К.: КИИГА, 1987. - с. 26-29.

6. КИЧИГИН А.А., Кузовик В.Д. Влияние эксплуатационных факторов на выбор определяющих параметров для диагностики АО. В кн.: Автоматизация производственных технологических процессов обслуживания и ремонта АО ВС. К.: КИИГА, 1988. - с. 58-61.

7. КИЧИГИН А.А. Методика определения параметров оценки технического состояния авиационного оборудования. В кн.: Адаптивные системы технической эксплуатации авиационного оборудования. К.: КИИГА, 1989. - с. 79-85.

8. КИЧИГИН А.А., Кузовик В.Д., Ткаченко В.Г. Метод определения параметров оценки ТС АО на ремзаводе. Тезисы доклада НТК: Совершенствование технологических процессов ремонта АТ на заводах гражданской авиации. Москва, 1984. - с. 31-33.

9. КИЧИГИН А.А., Кузовик В.Д. Синтез автоматизированной системы оценки технического состояния электрооборудования воздушных судов. Тезисы доклада МНТС: Методы управления системной эффективностью функционирования электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов. Киев, 1993. - с. 63-64.



Подписано 20.04.94 Формат 60x84/16. Бумага т ипограф.
Офсетная печать. Усл.кр.-отт. 5. Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,25.
Тираж 100 экз. Заказ № 89-1. Изд. № 208/III.

Издательство КИИГ А
252058. Киев-58, проспект Космонавта Комарова, 1.

AB 30.017

AB 30.017