

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

УДК 629.735.083

На правах рукописи

КОЗЛОВ Александр Александрович

ФОРМИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО РЕГЛАМЕНТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
РЕЗЕРВИРУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

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 1993



718 20.203
Работа выполнена в Киевском институте инженеров гражданской авиации.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор
Ж.С.Черненко

Официальные оппоненты: - доктор технических наук,
профессор
В.А.Касьянов;
кандидат технических наук
О.Л.Петрашевский

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

Защита состоится "26" ноября 1993 г. в 13⁰⁰
на заседании специализированного совета Д 072.04.01 Киевского института инженеров гражданской авиации по адресу: 252058, Киев-58, проспект Космонавта Комарова, I, корп. I, конференц-зал.

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

Автореферат разослан "25" октября 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

доктор технических наук
Н.Ф.Дмитриченко

Общая характеристика работы

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической проблемы, связанной с повышением эффективности использования воздушных судов (ВС) гражданской авиации (ГА) и обеспечением безопасности и регулярности полетов на основе создания научно обоснованных адаптивных регламентов (планов) технического обслуживания (ТО).

Актуальность проблемы.

В настоящее время перед ГА Украины стоят многочисленные проблемы, важнейшими из которых являются - эксплуатация стареющего парка ВС доставшегося в наследство от бывшего МГА и освоение принципиально новых типов ВС, как зарубежного производства так и отечественных Ан-74, а в перспективе Ан-218.

Эффективное решение указанных проблем возможно на базе новых адаптивных программ ТО и Р, которые в конечном итоге определяют уровень всех видов затрат в процессе технической эксплуатации ВС. В частности от того насколько правильно регламенты ТО будут отражать потребность конструкции ВС, отдельных систем и агрегатов в профилактических мероприятиях во многом зависят такие показатели как надежность, эффективность использования и эксплуатационные расходы.

Регламенты ТО эксплуатирующихся ныне ВС далеки от совершенства и основными недостатками являются их жесткость и инертность, т.е. отсутствует адаптация к условиям эксплуатации, уровню развития материально-технической базы эксплуатации, довольно слабая адаптация к изменению конструктивно-эксплуатационных свойств (КЭС) объекта к изменению информации об этих свойствах. Учитывая при этом новые принципы конструирования авиационной техники (АТ), в частности на современном ВС более 70% функциональных систем, это системы с избыточностью, решение проблемы формирования адаптивных регламентов технического обслуживания резервируемых элементов функциональных систем ВС ГА является актуальной задачей.

Исследования базируются на современной методологии совершенствования системы технической эксплуатации авиационной техники, сформированной и развитой в работах А.М.Андропова, Е.А.Барзиловича, В.К.Дедкова, В.А.Игнатова, А.А.Ицковича, А.А.Комарова, Х.Б.Кордонского, М.Н.Смирнова, Ж.С.Черненко и многих других ученых, которые внесли значительный вклад в развитие теории и практики эксплуатации

ВС и их функциональных систем. Работа является частью комплексных исследований, проводящихся на кафедре технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей КИИГА под руководством д.т.н., проф. Ж.С.Черненко.

Целью работы является разработка методики формирования адаптивного регламента технического обслуживания резервируемых элементов функциональных систем воздушных судов ГА.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести исследования резервируемых элементов функциональных систем ВС ГА, как объекта эксплуатации и обосновать условия оптимальности режимов их ТО и Р.
2. Разработать обобщенный алгоритм выбора периодичности контроля работоспособности резервируемых элементов функциональных систем (ФС) ВС ГА и обосновать его приемлемость для задач формирования адаптивного РТО.
3. Обосновать принципы и разработать механизм группирования работ по контролю состояния элементов функциональных систем ВС ГА в единые формы ТО.
4. Исследовать механизм и условия адаптивности регламента обслуживания к конструктивно-эксплуатационным свойствам изделий, объему информации и условиям эксплуатации.
5. Апробировать методику и алгоритмы формирования регламента ТО резервируемых элементов функциональных систем ВС ГА при создании и корректировке действующих регламентов ТО.

Методы исследований основаны на теории надежности, теории вероятностей и математической статистике, теории сложных систем, общей теории управления, теории и практике технической эксплуатации ВС.

Экспериментальной базой исследований являются имитационные и математические модели функционирования и процессов эксплуатации сложных систем ВС ГА.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана комплексная имитационная модель, включающая структурно-логический анализ функциональных систем, модели оптимизации режимов ТО резервируемых изделий, модель перераспределения допустимых значений вероятности функционального отказа на уровне подсистем, участков, блоков в системах с избыточностью, модели группирования работ по формам ТО.
2. Разработанные алгоритмы и модели позволяют адаптировать регламенты ТО резервируемых изделий к изменению конструктивно-эксплуатационных свойств, к объему и достоверности информации об этих свойствах, условиям эксплуатации и уровню развития материально-тех-

нической базы эксплуатационных предприятий.

3. Самостоятельную научную ценность представляют и результаты исследований проведенных на разработанной имитационной модели.

Практическая ценность работы.

Разработана методика формирования и корректировки регламента ТО резервируемых элементов функциональных систем ВС ГА, которая вошла составной частью в комплексную "Методику формирования адаптивного регламента ТО ВС ГА", апробированную и рекомендованную ГУЭРАТ бывшего МГА для использования в качестве методических материалов для ТКБ и организаций занимающихся формированием регламентов ТО ВС ГА. Имитационная модель, разработанные алгоритмы и программное обеспечение могут быть использованы в дальнейшем при создании автоматизированной системы формирования и корректировки РТО ВС ГА.

Реализация результатов работы.

Результаты, полученные в настоящей работе, использованы при разработке:

1. Методика формирования адаптивного регламента технического обслуживания ВС ГА. Утверждена ГУЭРАТ МГА 21.09.1988 г.

2. Рекомендации по увеличению периодичности технического обслуживания самолетов Як-42. Утверждены ГУЭРАТ МГА 14.12.1988 г.

3. Методика ранжирования по уровням функциональной значимости элементов гидромеханических систем воздушных судов ГА. Утверждена Глав.НТУ МГА 17.09.1986 г.

Апробация работы. Основные результаты исследований были доложены и обсуждались на Всесоюзных научно-технических конференциях (ВНТК) "Совершенствование методов технической эксплуатации авиационной техники" в Киеве 1984 г., "Совершенствование методов обслуживания и ремонта авиационной техники" (Киев, 1987 г.), "Предотвращение авиационных происшествий в ГА" (Киев, 1987 г.), "Проблемы совершенствования процессов технической эксплуатации авиационной техники, инженерно-авиационного обеспечения полетов в условиях НТП" (Москва, 1988 г.), семинаре "Проблемы использования адаптивных систем эксплуатации оборудования" (Киев, 1989 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 научных статей, основное содержание изложено в отчетах о НИР (NN гос.регистр.02.82.8019330, 02.84.0056088, 01.84.0049099, 02.85.0088611, 01.86.0096720).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 104 наименований 3 приложений. Объем работы составляет 134 машинописного текста, 59 рисунков и 12 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности рассматриваемой проблемы, ее роль и место в совершенствовании системы технической эксплуатации (СТЭ) ВС.

Сформулированы цель, задачи и реализованные методы исследований.

В первой главе дан анализ результатов эксплуатации самолетов с ГТД, их функциональных систем и комплектующих изделий; современных концепций управления техническим состоянием сложных систем и изделий авиационной техники; исследованы методы и модели оптимизации режимов технического обслуживания.

В результате проведенного анализа установлено, что показатели эффективности процесса технической эксплуатации самолетов четвертого поколения Як-42 и ИЛ-86 незначительно отличаются (в отдельных случаях даже в худшую сторону) от соответствующих показателей стареющего парка ВС длительное время эксплуатирующихся в ГА. Это объясняется не только субъективными причинами совпадения этапов освоения и начала регулярной эксплуатации с периодом наблюдения, но и несовершенством программ, в частности регламентов ТО, не позволяющих реализовать заложенные при проектировании конструктивно-эксплуатационные свойства (КЭС) этих самолетов.

Действующие методики разработки регламентов ТО и применяемые модели оптимизации слабо приспособлены для формирования режимов ТО ВС четвертого и пятого поколений, проектируемых по принципу повышенной живучести, в частности использования многократного резервирования.

Эксплуатационные характеристики АТ в период жизненного цикла претерпевают существенные изменения связанные с постоянными доработками конструкции ВС, совершенствованием технологии изготовления и ремонта, а с другой стороны - старением парка, что требует своевременной корректировки режима ТО и адаптации регламентов ТО для обеспечения эффективности процесса технической эксплуатации ВС.

Многообразие функциональных систем ВС, физических процессов протекающих в них, различное влияние на ПТЭ, что обуславливает органическое противоречие свойственное АТ - разнообразие моделей оптимизации режимов ТО ФС и необходимость объединить результаты моделирования в едином РТО. Наиболее рациональным способом преодоления этого противоречия является применение имитационных моделей связанных между собой единой методологией и целевой функцией, реализу-

щих в конечном счете итерационный процесс оптимизации сетки регламента и распределения по этой сетке работ ТО.

Таким образом на основе проведенного в первой главе анализа для достижения поставленной цели работы была разработана и в дальнейшем реализована схема исследований представленная на рис.1.

Вторая глава посвящена разработке методологии оптимизации режимов ТО резервируемых изделий ФС и формирования адаптивного РТО ВС.

Учитывая целевую функцию ПТЭ ВС и то, что в действующих НЛГС регламентирована частота возникновения событий – особых ситуаций полета (ОСП) и функциональных отказов, приводящих к ОСП, в качестве критериев оптимизации и ограничений выбраны условия:

$$Q_{Ri}(t, \Delta t) < Q_{Ri}^*(t, \Delta t); \quad (1)$$

$$C_{y\partial \text{ экс}} \rightarrow C_{\text{млп}}; T_N = T_N^*;$$

где: $Q_{Ri}(t, \Delta t), Q_{Ri}^*(t, \Delta t)$ – расчетный и регламентируемый уровень вероятности возникновения ОСП за время полета;

$C_{y\partial \text{ экс}}$ – удельные эксплуатационные затраты на эксплуатацию парка изделий;

T_N, T_N^* – фактический и плановый налет ВС.

Оптимальные параметры режима ТО можно получить, если известны аналитические зависимости, связывающие критерии эффективности, параметры режима ТО и эксплуатационные характеристики изделий АТ:

$$Q_{Ri}(t, \Delta t) = f(\Delta t_{\text{ТО}}, \delta_{i,j}, x_{i,j}), \quad (2)$$

$$C_{y\partial \text{ экс}} = f(\Delta t_{\text{ТО}}, \delta_{i,j}, x_{i,j}, C_{i,j}). \quad (3)$$

Аналитические выражения для вычисления функционалов 2 и 3 в рамках единого методологического подхода существенно различаются в зависимости от назначения и содержания работ по ТО, конструктивных особенностей системы, выполняемых системой функций.

Принимая во внимание, что около 80 % плановых работ по ТО на современных ВС составляет контроль технического состояния (ТС), основное внимание уделено исследованию и разработке моделей оптимизации периодичности контроля ТС изделий ФС.

Модели оптимизации периодичности выполнения работ направленных на выявление отказавших элементов для поддержания вероятности безотказной работы системы в целом базируется на математических зависимостях периодичности контроля (τ_k) от допустимых уровней $\lambda_{\text{о.д.}}$ ФО системы, минимальных $C_{y\partial \text{ экс}}$ и КЭС:

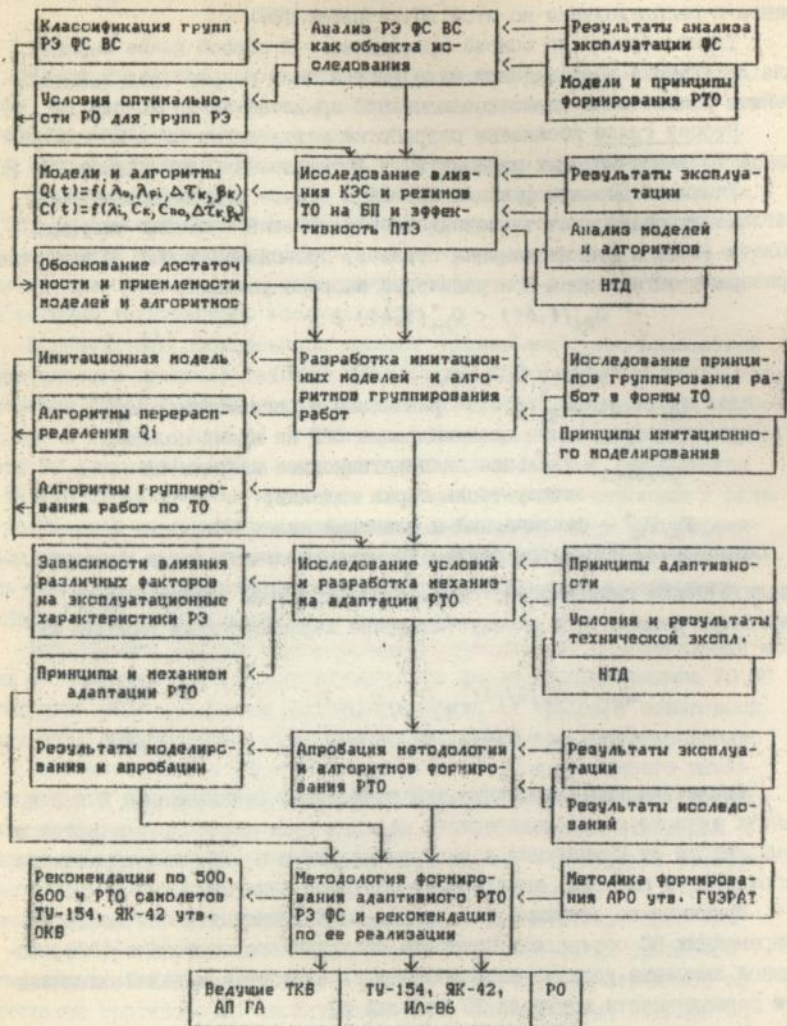


Рис. 1. Схема проведения исследований

- в случае ненагруженного резервирования:

$$\tau_h Q_{R_i}^*(t) = 2 \left[\frac{\Lambda \text{ c.д.}}{\lambda_0 \prod_{i=1}^n (\lambda_{p_i} + \lambda_{n_i})(1 + \beta_i + \beta_i^2)} \right] \frac{1}{n}, \quad (4)$$

$$\tau_h C_{mtn} = \left[\frac{2^n \sum_{i=1}^n C_{h_i t}}{C_{no} \lambda_0 \prod_{i=1}^n (\lambda_{p_i} + \lambda_{n_i})(1 + \beta_i + \beta_i^2)} \right] \frac{1}{n-1}, \quad (5)$$

- для нагруженного резервирования:

$$\tau_h Q_{R_i}^*(t) = \left[\frac{\Lambda \text{ c.д.}}{\prod_{i=1}^{n+1} \lambda_i (1 + \beta_i + \beta_i^2)} \right] \frac{1}{n}, \quad (6)$$

$$\tau_h C_{mtn} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n C_{h_i t}}{\prod_{i=1}^{n+1} \lambda_i C_{no} (1 + \beta_i + \beta_i^2)} \right] \frac{1}{n-1}, \quad (7)$$

где: n - кратность резервирования; λ_p - интенсивность отказов комплектующих изделий, соответственно λ_0 - основных, λ_p - резервных; λ_n - переключающих устройств; β_i - вероятность того, что неработоспособное изделие будет признано исправным; $C_{h_i t}$ - стоимость контроля; C_{no} - затраты связанные с устранением последствий отказа ФС.

Методология оптимизации режимов параметрического контроля состояния ФС основана на использовании имитационных моделей (ИМ) для расчета оптимальных эксплуатационных допусков ΔY_{opt} на определяющий параметр ΔY_i , периодичности диагностирования Δt_{opt} и вероятности возникновения i -го отказа $Q_i(t) = f(\Delta Y_i, \Delta t)$ при располагаемой информации об изменении $Y_i = f(t)$. При разработке ИМ для описания динамики параметров в случае их нелинейного изменения использован метод квантилей и марковской аппроксимации (КМА) предложенный В.А.Игнатовым для исследования динамики состояния, надежности и обслуживания радиоэлектронных систем, а в работах А.А.Гатушкина и Н.М. Кременецкого для оптимизации режимов диагностирования ГТД.

Распределение объектов по моделям оптимизации осуществляется по результатам структурно-логического анализа (СЛА) ФС. На основании СЛА проводится классификация изделий по степени их влияния на формирование ОСП и обоснование номенклатуры видов ФЭ элементов конструкции ВС, приводящих к ОСП. Кроме того результаты анализа исполь-

зуются для выбора и обоснования вида работ по ТО, стратегии эксплуатации изделия и выбора допустимых значений $Q_{Ri}^*(t, \Delta t)$ на уровне ФО системы.

Для обоснования допустимых значений Λ_0 на уровне подсистем, участков, блоков разработан метод перераспределения безотказности в сложных системах. В основу метода заложен принцип перераспределения Λ_0 с учетом динамики изменения удельных расходов на эксплуатацию объекта при изменении интенсивности отказа блока. Перераспределение производится обратно пропорционально производной $dC_{\text{экс}}/d\Lambda_i$, которая в каждом случае индивидуальна и зависит от конструктивных и эксплуатационных характеристик комплектующих изделий.

Учитывая сложность конструкции современных ВС, когда перечень работ по ТО включает несколько сот наименований, организовать выполнение работ по расчетным значениям оптимальной периодичности для каждого комплектующего изделия на практике невозможно. Предлагается метод группирования основанный на распределении работ по формам ТО по принципу прямого перебора альтернативных сеток РТО с использованием критерия минимума $C_{\text{уд.экс.}}^P$ при обеспечении нормируемых уровней БП.

Принятая методология оптимизации режимов ТО резервируемых изделий ФС и формирования адаптивного регламента включает этапы представленные на рис.2.

Третья глава посвящена синтезу имитационной модели управления техническим состоянием ФС ВС с резервируемыми изделиями.

В соответствии с разработанной методологией оптимизации режима ТО ФС, имитационная модель включает в себя модели: обоснования допустимых уровней Λ_0 ФО систем, подсистем блоков; оптимизации параметров диагностирования ($\Delta t_0, \Delta Y_0$) для изделий с постепенным характером отказов; оптимизации периодичности контроля ($\tau_{\text{кон}}$) резервируемых изделий с внезапными отказами и модель группирования работ по формам ТО.

Важнейшей составляющей имитационной модели (ИМ) является ее спецификация (рис.3), основанная на априорной информации об исследуемом объекте. При разработке спецификации внесистемные (заданные) переменные разделены на следующие группы: конструктивные особенности объекта; характеристики процесса ТО и Г; эксплуатационные характеристики комплектующих изделий; директивная информация, регламентирующая процесс ТО и Р.

Математическое описание имитационной модели базируется на :

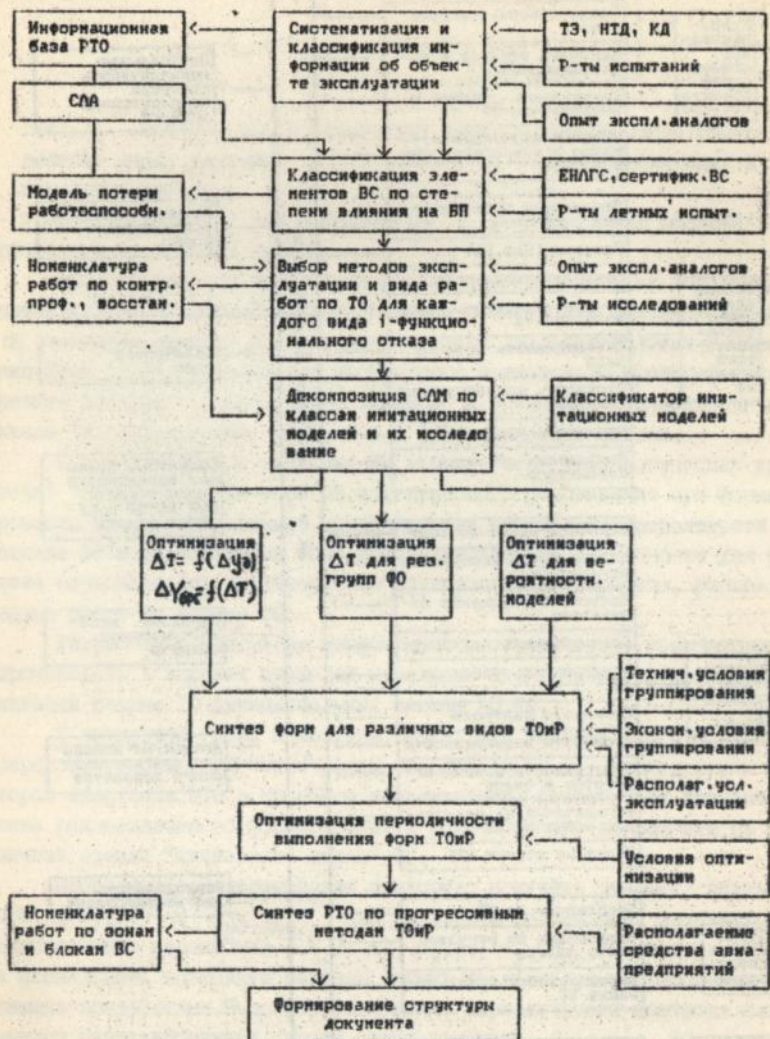


Рис. 2. Схема этапов формирования методики АРТО.

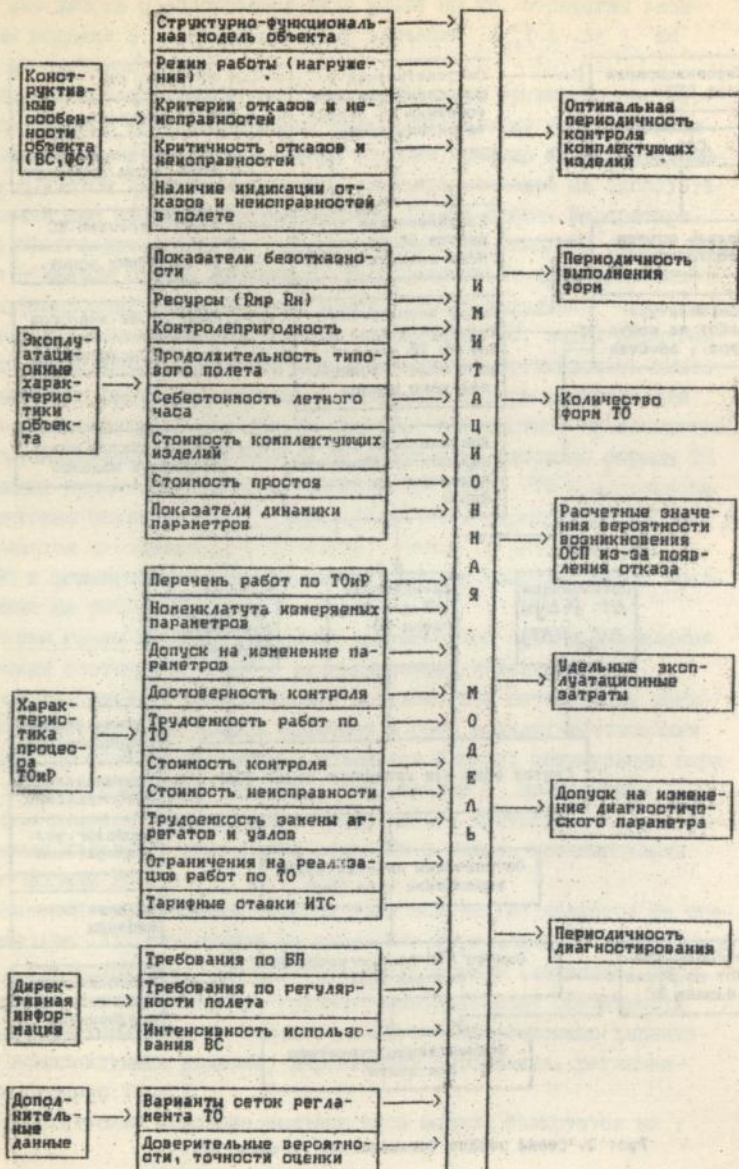


Рис. 3. Спецификация имитационной модели

- уравнениях перераспределения Λ_0 между блоками:

$$\Lambda_{i0} = \Lambda_0 + \Lambda_0 \left[C_{pi} / d\Lambda_i \cdot \frac{N}{\sum_{i=1}^N dC_{pi} / d\Lambda_i} - 1 \right] \quad (8)$$

где: Λ_0 - интенсивность отказа при условии равномерного распределения между блоками; N - количество блоков участвующих в перераспределении;

- уравнениях (4 - 7) для определения τ_k резервируемых изделий с внезапным характером отказов.

При оптимизации параметров режима диагностирования изделий с преимущественно постепенным характером отказов для описания динамики состояния изделий использована система дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена для дискретного марковского процесса в варианте решения с "поглощающим экраном" и уравнения формирования отказов (неисправностей) элементов и функциональных систем.

В математическое описание ИМ входят также технологические уравнения для определения порогов межгруппового рассеивания при формировании зон группирования; уравнения для определения вероятности отказа ФС и формирования ОСП; институциональные зависимости для расчета экономических характеристик альтернативных вариантов распределения работ по формам ТО.

Разработаны алгоритмы и программное обеспечение, позволяющие производить в широких пределах модельные эксперименты с целью оптимизации режима ТО функциональных систем ВС ГА.

В четвертой главе приведены результаты имитационного моделирования управления техническим состоянием ФС ВС, исследования факторов адаптации РТО в процессе эксплуатации, разработаны практические рекомендации по формированию и корректировке регламента на различных этапах "жизненного цикла" ВС.

Проведенное моделирование позволило получить динамику показателей $Q(t, \Delta t)$ и $C_{уд.экс.}$ при различных комбинациях заданных внесистемных переменных ($\lambda_i, \tau_k, \beta_k, n, C_k, C_{но}$ и т.д.) и исследовать возможную реакцию данных показателей на типовые управляющие воздействия. Например, изменение периодичности контроля элементов резервированных систем может изменить $Q(t, \Delta t)$ ФО системы на несколько порядков (рис.4), и чем выше безотказность комплектующих изделий и кратность резервирования (n), тем степень влияния τ_k значительнее.

Диапазоны оптимальных значений τ_h , а также допустимых значений $Q(t, \Delta t)$ ФО резервируемых систем, удовлетворяющих условиям обеспечения минимальных $C_{уд.экс.}$ расширяются с повышением безотказности КИ и уменьшением соотношений $C_h / C_{по}$ (рис.5).

Результаты проведенных исследований легли в основу практических рекомендаций по оптимизации периодичности контроля изделий АТ и корректировке РТО. В частности разработаны номограммы для проверочных и приближенных расчетов $\tau_{h,opt}$ и оптимизации параметров режима диагностирования ($\Delta t_D, \Delta Y_D$). На рис.6 представлены номограммы определения $\tau_{h,opt}$ для резервируемых изделий. Кривые Q характеризуют зависимости максимальных τ_h от надежности элементов для различных допустимых уровней $Q_{Rt}^*(t, \Delta t)$ ФО системы. Кривые C характеризуют зависимости $\tau_{h,opt}$ от надежности элементов при различных значениях безразмерного комплекса $C = C_h / C_{по}$.

Если для i -й системы точка пересечения кривых лежит левее ординаты, характеризующей надежность элементов, то принимается $\tau_{h,opt} C_{min}$ в противном случае устанавливается максимальное значение τ_h , удовлетворяющее условию (I). Значения τ_h корректируются с учетом достоверности реализуемого контроля по номограммам $\tau_{h,opt} Q^* = f(\tau_h Q^*, \beta_t)$, $\tau_{h,opt} C = f(\tau_h C, \beta_t)$.

Номограммы для оптимизации параметров режима диагностирования изделий ЭС с постепенным характером отказов Рис.7представляют собой построенные в результате имитационного моделирования зависимости

$$\Delta t_{D,opt} = f(\Delta Y_{D,opt}), \Delta Y_{D,opt} = f(t_D) \quad (9)$$

при различных значениях безразмерных комплексов:

$$G_1 = \frac{C_{омк} - C_{ни}}{C_{ни}}, \quad G_2 = \frac{C_{омк} - C_{ни}}{C_D}, \quad (10)$$

где: C_D - экономические показатели, характеризующие затраты на проведение контроля состояния.

Оптимальные значения показателей режима контроля ТС получаются в точке пересечения кривых зависимостей (9).

Рассмотрены принципы адаптации режима ТО к возможным изменениям эксплуатационных свойств комплектующих изделий, условий эксплуатации, уровню развития материально-технической базы эксплуатационных предприятий.

Адаптация регламента ТО в зависимости от этапов: разработка, испыта-

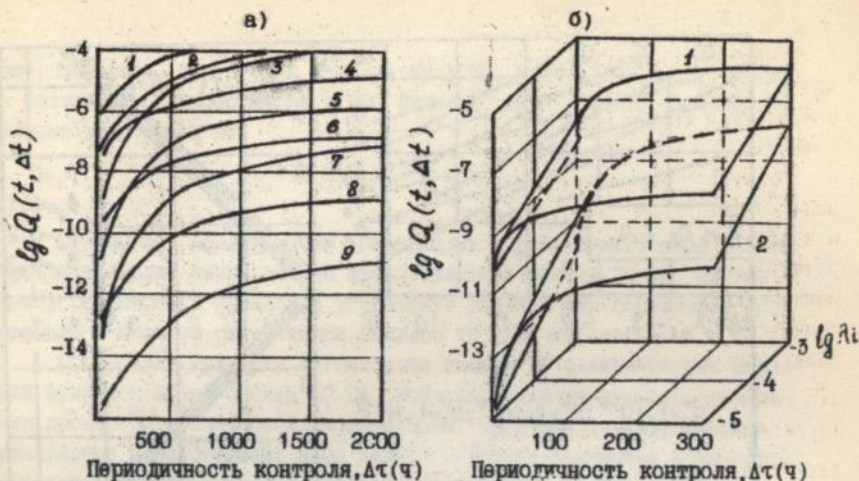


Рис. 4. Динамика вероятности отказа блока при ненагруженном (а) и нагруженном (б) резервировании.

(а) - 1, 4, 6 - кратность резервирования $n=1$; 2, 5, 8 - $n=2$;
3, 7, 9 - $n=3$; 1, 2, 3 - $\lambda t = 1 \cdot 10^{-3}$; 4, 5, 7 - $\lambda t = 1 \cdot 10^{-4}$;
6, 8, 9 - $\lambda t = 1 \cdot 10^{-5}$.

(б) - 1 - $n = 1$; 2 - $n = 2$.

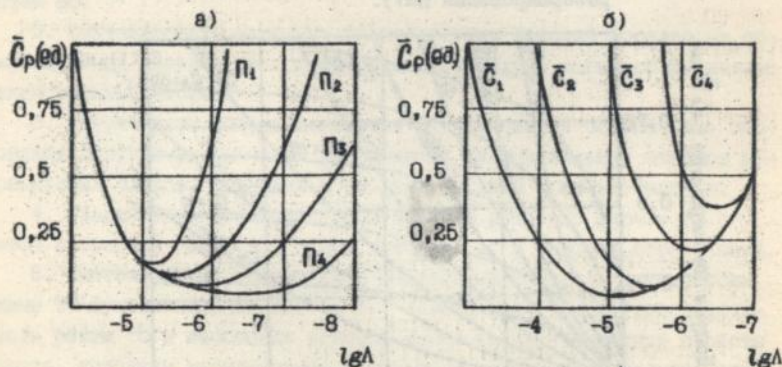


Рис. 5. Динамика удельных эксплуатационных расходов.

(а) - $\Pi = \lambda_0 \lambda_p$; $\Pi_1 = 1 \cdot 10^{-7}$; $\Pi_2 = 1 \cdot 10^{-8}$; $\Pi_3 = 1 \cdot 10^{-9}$;
 $C_0 / C_{no} = 1/10^{-3}$.

(б) - $\Pi = 1 \cdot 10^{-8}$; $\bar{C} = C_0 / C_{no}$; $\bar{C}_1 = 1/10^{-2}$; $\bar{C}_2 = 1/10^{-3}$;
 $\bar{C}_3 = 1/10^{-4}$; $\bar{C}_4 = 1/10^{-5}$.

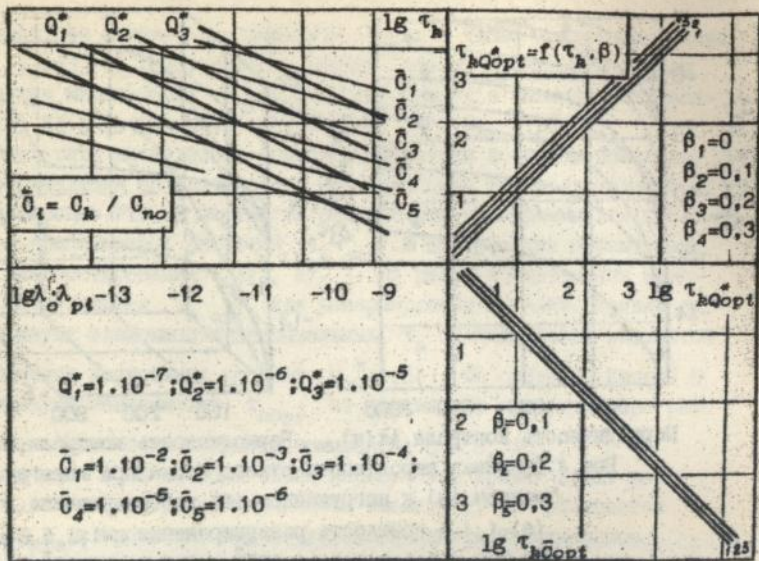


Рис.6. Номограмма определения периодичности контроля при ненагруженном резервировании (кратность резервирования $n=1$).

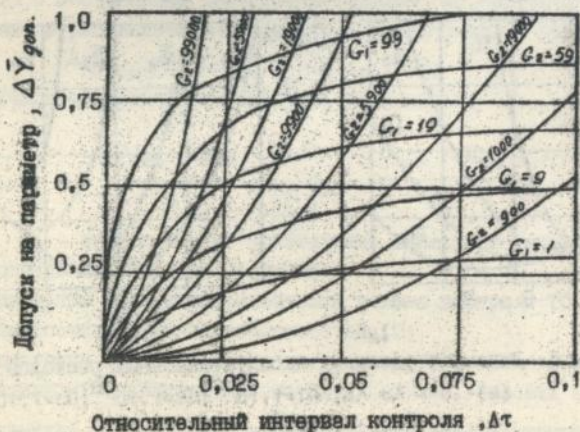


Рис.7. Номограмма для определения оптимального режима диагностирования.

ние, освоение, регулярная эксплуатация ВС; к располагаемому объему и достоверности информации о КЭС изделий, при возможных конструктивных доработках ВС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследований выполненных в рамках настоящей работы проведен анализ эксплуатации функциональных систем ВС ГА. Сделан обзор современных концепций управления техническим состоянием ВС, методов и моделей оптимизации режимов ТО сложных систем.

Обоснованы критерии оптимизации режима ТО резервируемых изделий функциональных систем ВС ГА. Учитывая целевую функцию управления процессом технической эксплуатации, требования международных стандартов и действующих норм летной годности самолетов в качестве критериев оптимизации выбраны удельные расходы на эксплуатацию ($C_{уд.экс.} \rightarrow min$) и вероятность функционального отказа, приводящего к возникновению особой ситуации в полете: $Q_{Rt}(t, \Delta t) < Q_{Rt}^*(t, \Delta t)$.

Проведенные исследования позволили:

1. Разработать аналитические зависимости, связывающие критерии оптимизации, параметры, характеризующие конструктивно-эксплуатационные свойства и режимы ТО резервируемых изделий функциональных систем ВС. ^с

2. Синтезировать методику распределения изделий по классам оптимизационных моделей базирующуюся на структурно-логическом анализе функциональных систем.

3. Разработать модель, алгоритмы и программное обеспечение обоснования допустимых значений вероятности функциональных отказов резервируемых блоков, входящих в сложные системы с избыточностью.

4. Разработать методику группирования работ по формам ТО с учетом выбранной целевой функции оптимизации и условий ограничений.

5. Синтезировать комплексную имитационную модель оптимизации режима ТО функциональных систем ВС, позволяющую кроме того адаптировать режим ТО к изменению конструктивно-эксплуатационных свойств объекта, условиям эксплуатации и уровню развития материально-технической базы эксплуатационных предприятий. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение имитационной модели.

6. На базе разработанной имитационной модели исследовать динамику показателей $Q(t, \Delta t)$ и $C_{уд.экс.}$ при различных комбинациях параметров характеризующих конструктивно-эксплуатационные свойства и режимы ТО объектов, исследовать возможную реакцию данных

показателей на типовые управляющие воздействия.

7. Разработать методiku формирования регламента ТО резервируемых элементов функциональных систем ВС ГА, которая прошла апробацию при выполнении совместных работ по пересмотру ТО самолетов ЯК-42 с организациями бывших МАП и МГА.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Козлов А.А. Использование критерия функциональной значимости при формировании режима диагностирования сложных гидромеханических систем. // Методы диагностирования технического состояния авиационной техники. - Киев: КИИГА, 1983 г., с.23-25.

2. Козлов А.А., Чехаровский И.Т. Исследование функциональной надежности шасси среднемагистрального самолета ГА с целью обоснования стратегии ТО и Р. // Вопросы обеспечения эффективности технической эксплуатации летательных аппаратов. - Москва: МИИГА, 1984 г., с.

3. Козлов А.А., Новиков И.М., Порва В.В. Прогнозирование технического состояния шарнирных соединений шасси воздушных судов ГА при формировании режима технического обслуживания. // Проблемы оптимизации технической эксплуатации авиационной техники. - Киев: КИИГА, 1984 г.

4. Козлов А.А., Романюк Е.М. Использование логико-вероятностного метода с целью выбора стратегий технической эксплуатации механических систем. // Совершенствование методов технической эксплуатации авиационной техники. Труды ВНИИ. Рук. депонир. в ЦНТИ ГА, N 320 ГА-85. - М. ЦНТИ ГА, 1985 г., с.118-121.

5. Гатушкин А.А., Козлов А.А., Чехаровский И.Т. Оптимизация режима технического обслуживания авиационной техники. // Моделирование в обеспечении безопасности полетов. - Киев: КИИГА, 1987 г., с.131-138.

6. Козлов А.А., Черненко Ж.С., Чехаровский И.Т. Стратегия формирования регламента технического обслуживания ВС с учетом обеспечения заданного уровня безопасности полетов. // Проблемы информационного обеспечения процессов технической эксплуатации авиационной техники. - Киев: КИИГА, 1987 г., с.

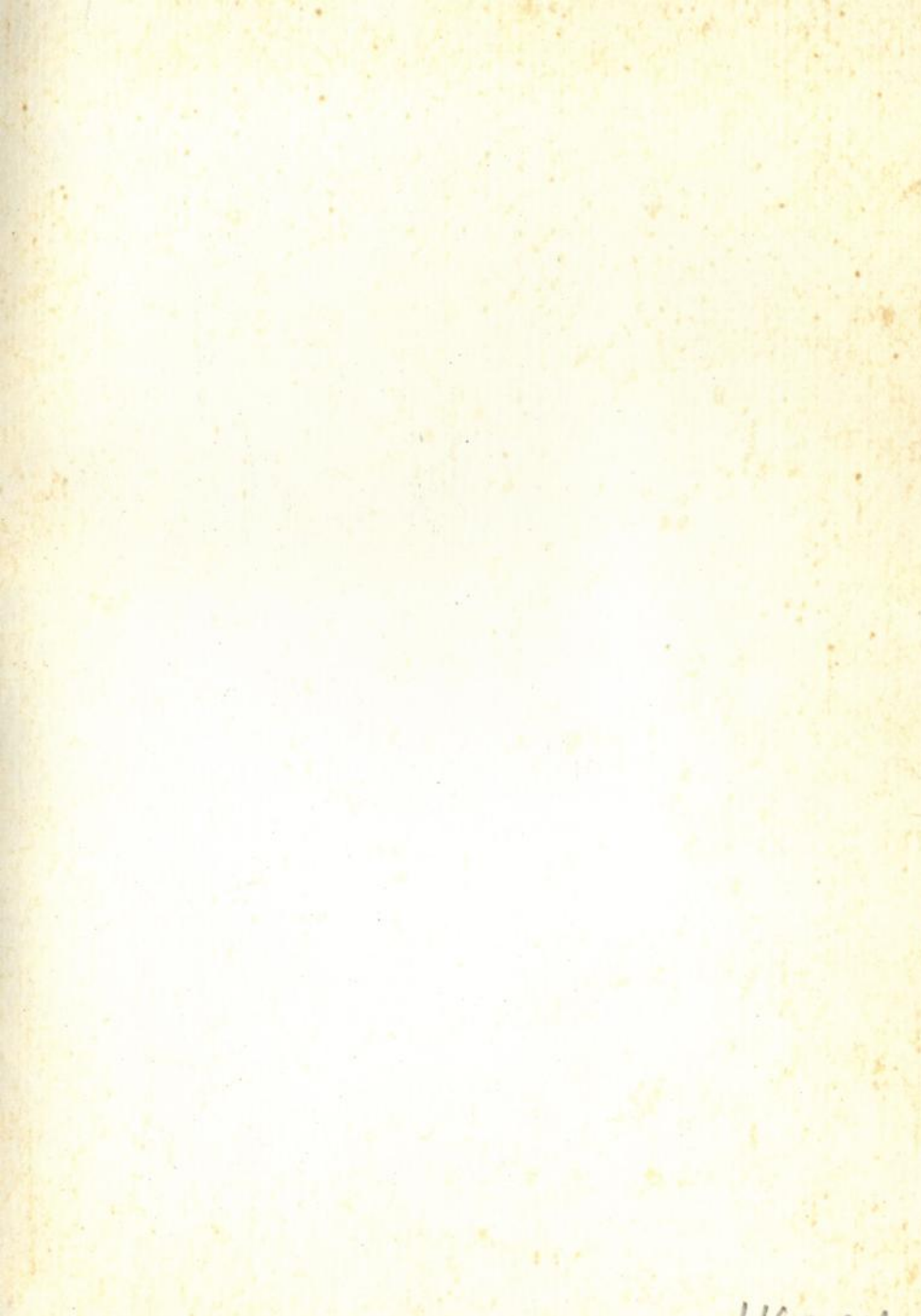
7. Козлов А.А. Применение имитационных моделей для оптимизации периодичности контроля работоспособности резервных устройств в сложных системах ВС ГА. Тез. докладов. - Москва, 1988 г., с.58.

8. Козлов А.А. Оптимизация режима технического обслуживания резервных устройств воздушных судов ГА. // Методы и средства диагностирования авиационной техники в эксплуатации с использованием автоматизированных систем. - Киев, КИИГА, 1989 г., с.

А.А. Козлов

Подписано в печать 11.10.93 Формат 60x84/16. Бумага типограф.
Офсетная печать. Усл. кр. отт. 6. Усл. печ. л. 1, 16. Уч.-изд. л. 1, 25.
Тираж 100 экз. Зак. № 208-1 Цена Изд. № 427/Ш.

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



AB 28.283

AB 28.283