

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

На правах рукописи

СИКОРСКИЙ Евгений Александрович

УДК 629.7.С36.3.083

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВКАМИ, ЗАПАСАМИ
И РЕМОНТОМ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
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

AB 27.937

Работа выполнена в отраслевой научно-исследовательской лаборатории "Перспективных методов и средств технической эксплуатации авиационной техники" Киевского института инженеров гражданской авиации.

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент А.А.Гзтушкин.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор В.Ф.Лапшов,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
А.А.Морозов

Ведущая организация: Департамент авиационного
транспорта Украины.

Защита состоится 24 сентября 1993 года в 15.00 час. на заседании специализированного Совета Д 072.04.01 при Киевском институте инженеров гражданской авиации по адресу: 252601, г.Киев, ГСП, проспект Космонавта Комарова, 1.

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

Автореферат разослан 24 августа 1993 года.

Ученый секретарь
специализированного Совета,
доктор технических наук,
профессор

Н.Ф.Дмитриченко

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00815503 (M)

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

Актуальность проблемы. Повышение эффективности гражданской авиации (ГА) обеспечивается совершенствованием авиационной техники (АТ), повышением ее надежности, регулярности и безопасности полетов, качества технического обслуживания, снижения уровня эксплуатационных расходов. Один из путей снижения уровня эксплуатационных расходов - повышение эффективности управления поставками, запасами и ремонтом (СУПР) авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), как наиболее важных и дорогостоящих систем воздушного судна (ВС).

Анализ данных, полученных при статистическом исследовании процесса технической эксплуатации (ПТЭ) авиадвигателей типа Аи-25, НК-8-2У, НК-8-4, Д-30 и Д-36 позволяет сделать вывод о том, что простой ВС в ожидании установки двигателя, при значениях коэффициента оборотного фонда 2.3-2.5, является следствием несовершенства системы технической эксплуатации (СТЭ) и, в частности, ее важнейшей составляющей СУПР ГТД.

В этих условиях особое значение приобретает выбор управляющих воздействий (УВ) на такую сложную и многогранную систему как СТЭ ГТД, основанный на применении имитационных моделей, позволяющих оценить отдаленные последствия принимаемых решений. Поэтому совершенствование СУПР ГТД на основании оценки откликов системы (с помощью имитационных экспериментов) на альтернативные вариации спектра УВ является актуальной задачей.

Особую актуальность приобретает эта проблема в современных условиях, характеризующихся повышением хозяйственной самостоятельности эксплуатационных предприятий и созданием системы государственного регулирования авиации Украины.

В настоящее время можно считать достаточно разработанной общую методологию оптимизации СТЭ авиационных ГТД и ее компонентов, изложенную в работах А.М.Андрюнова, В.М.Акимова, И.А.Биргера, А.А.Гатушкина, И.С.Голубева, В.А.Игнатова, А.А.Комарова, Х.Б.Кордонского, Л.П.Лозицкого, В.Ф.Лашова, А.А.Морозова, И.А.Никоновой, А.С.Пронникова, Н.Н.Смирнова, Ж.С.Черненко, В.И.Ямпольского.

Этот подход заключается в том, что в качестве критерия оптимизации выступает уровень расходов на обеспечение эксплуатации парка изделий АТ на протяжении всего "жизненного цикла":

$$C_{уд} \rightarrow \min$$

1/1

При этом требования по уровню безопасности полетов при заданном объеме авиационно-транспортной деятельностью является ограничением.

$$T_{суд} = T_{зад} ; P^* \geq P^*_{доп} ;$$

1/2

На основе указанного подхода в рамках настоящей работы решается задача определения показателей СТЭ ГТД в зависимости от параметров системы управления поставками, запасами и ремонтом авиадвигателей.

Диссертационная работа является составной частью комплексных научных исследований, проводившихся на кафедре технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей и в ОИИЛ-1 КИИГА и направленных на совершенствование СТЭ АТ.

Целью работы является разработка системы оптимального управления использованием авиадвигателей на основе имитационного моделирования процесса их технической эксплуатации.

Для достижения цели исследования были решены следующие задачи:

- формализована система управления поставками, запасами и ремонтом ГТД, при этом выявлен весь спектр управляющих воздействий для различных иерархических уровней управления;

- разработан и реализован комплекс имитационных моделей для каждого иерархического уровня управления, позволяющий прогнозировать последствия реализуемых управляющих воздействий, присущих данному уровню;

- на основании анализа результатов имитационного моделирования разработаны практические рекомендации по совершенствованию системы управления поставками, запасами и ремонтом авиадвигателей.

Методы исследования основаны на теории вероятностей и математической статистике, теории надежности и управления запасами, теории систем массового обслуживания и системного анализа.

Экспериментальная база работы - весь парк двигателей НК-8-2У и АИ-25, а также двигатели Д-30 и НК-8-4, эксплуатирующиеся в ЦУМВС, Внуковском ПО ГА, Казахском УГА, а также парк двигателей Д-36, эксплуатирующихся в Украине.

В качестве информационного обеспечения использовались базы данных АСУ, эксплуатирующихся в ГА. Исследования проводились в сотрудничестве с Гос.ИИИ ГА, ЦИАМ им.Баранова П.И., Запорожским МКБ "Прогресс", и Украинским объединением ГА "Авиалинии Украины".

Научная новизна работы состоит в том, что:

1. Разработан комплекс имитационных моделей функционирования парка авиадвигателей для различных иерархических уровней управления, позволяющий прогнозировать последствия управляющих воздействий, даже при их значительном отдалении во времени.

2. Разработана и реализована имитационная система прогнозирования потребности в двигателях для эксплуатационного предприятия.

3. На основании полученных результатов предложена система управления запасами ГТД для Украины.

Практическая ценность работы состоит в том, что имитационная система позволяет:

- научно обоснованно и экономически целесообразно формировать планы поставок двигателей и заявок на их ремонт;

- сократить время оборота газотурбинного двигателя и этим уменьшить объем оборотного фонда, а также минимизировать простой ВС в отсутствии двигателей;

- использовать имитационную систему как эффективный источник информации, необходимой для принятия решения по целесообразному и своевременному осуществлению УВ на СТЭ ГТД.

Реализация результатов работы. Результаты, полученные в диссертационной работе использованы при разработке:

- методики расчета эффективности системы диагностирования ГТД утв. МГА;

- имитационной системы прогнозирования потребности в ГТД, ГСВ и их ремонтах, функционирующей в АТБ Внуковского ПОГА в составе

АСУ "АТБ-1";

- комплекс программ АСУ "Авиадвигатель";
- концепции системы управления запасами ГТД в Украине.

Годовой эффект от внедрения составляет 500 тыс. крб.

Результаты диссертационной работы используются также в учебном процессе КИИГА при проведении занятий со студентами и слушателями факультета повышения квалификации работников гражданской авиации.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены и обсуждены на:

- ВНТК "Перспективы развития методов технической эксплуатации авиационной техники" Киев - 1979г.

- ВНТК и республиканских НТК в Киеве, РДЭНТИ - 1981, 1982, 1983, 1984 г.г.

- ВНТК по проблемам совершенствования технического обслуживания авиационной техники. Москва, ГосБИИГА 1982, 1985г.г.

- ВНТК "Проблемы повышения эффективности воздушного транспорта в народном хозяйстве" МИИГА - 1983г.

- ВНТК "Опыт применения и перспективы развития диагностики состояния авиадвигателей в эксплуатации". Москва, ЦИАМ - 1984г.

- ВНТК "Совершенствование процессов ремонта авиационной техники на заводах ГА" Москва, Авиаремонт - 1984г.

- ВНТК "Проблемы совершенствования процессов технической эксплуатации авиационной техники". МИИГА - 1988г.

Публикации: Содержание работы опубликовано в 9 научных статьях, изложено в 12 отчетах по НИР, выполняемых в соответствии с планом НИР МГА.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 125 наименований и 4 приложений. Объем работы составляет 140 страниц машинописного текста, а также 68 рисунков и 5 таблиц.

Содержание работы.

Во введении дано обоснование актуальности выполненных в работе исследований, показана роль и место системы управления поставками, запасами и ремонтом авиадвигателей в СТЭ авиационных ГТД. Сформулирована цель, задачи и реализованы методы исследований. Дана характеристика экспериментальной базы исследований.

В первой главе выполнен анализ современных методов и моделей определения потребности в авиадвигателях и их ремонтах. Обоснованы принципы оптимизации, методы математического моделирования системы управления поставками, запасами и ремонтом ГТД и программа исследований, основанная на методологии системного анализа сложных динамических систем со случайной структурой.

Программа исследований включает:

- сбор, обработку и анализ статистической информации о процессе технической эксплуатации авиационных ГТД, с целью обоснования структуры и компонентов действующей системы управления поставками, запасами и ремонтом авиадвигателей, эффективности этой системы, выявления основных закономерностей изменения параметров СТЭ с учетом всего спектра управляющих воздействий, оказываемых в эксплуатации;

- синтез комплекса имитационных моделей системы управления поставками, запасами и ремонтом авиадвигателей, позволяющего определить величину целевого функционала и параметров, выбранных в качестве ограничений, и зависимости от вариаций параметров СТЭ ГТД;

- имитационное моделирование процесса функционирования системы управления поставками, запасами и ремонтом авиадвигателей с целью исследования влияния функционала и ограничений на величину целевого функционала и ограничений, а также разработки методологии оптимизации управления поставками, запасами и ремонтом авиадвигателей;

- разработка и реализация рекомендаций по результатам исследования в условиях эксплуатационных предприятий и ремонтных организаций.

Во второй главе выполнена статистическая оценка параметров системы технической эксплуатации двигателей воздушных судов ГА, которые используются для планирования и управления процессом технической эксплуатации двигателей и разработки научно-обоснованных рекомендаций по повышению эффективности использования ГТД. Анализ полученных статистических характеристик позволил исследовать взаимосвязи ПТЭ с показателями надежности и ресурсов, а также с уровнем эксплуатационной технологичности двигателей. Установлена зависимость структуры ПТЭ и эффективность от этих параметров. Получены оценки эффективности ПТЭ различных типов двигателей, эксплуатирующихся в ГА, и выявлены факторы, определяющие его эффективность.

В результате исследований, описываемых в этой главе:

- определена номенклатура состояний ПТЭ двигателей и совокупность связей между ними (структура ПТЭ), представленная в виде графа (Рис.1);

- выполнено статистическое исследование ПТЭ ГТД, включающее в себя: формирование матрицы частот переходов по состояниям и вектора-строки частот пребывания на выделенной совокупности состояний ПТЭ;

- определена номенклатура заявок, возникающих в СТЭ, характеристики и закономерности их формирования, а также дисциплина обслуживания;

- получены статистические оценки параметров, характеризующих состояния ПТЭ;

- определения целевой функции ПТЭ и соответствующих функций выделенных совокупностей состояний, а также влияния на них различных эксплуатационных факторов;

- выполнен анализ эффективности ПТЭ и структуры расходов на эксплуатацию различных типов ГТД ГА.

В качестве источника информации послужили формулярные данные о всем парке двигателей Аи-25 и НК-8-2У, а также данные о двигателях НК-8-4 и Д-30, эксплуатирующихся в ЦУМВС, Казахском УГА, Бориспольском ОАО и Внуковском ПОГА, а также парка двигателей Д-36, эксплуатирующихся в Украине. Кроме этого, использовались данные, имеющиеся на ремонтных заводах, заводах-готовителях, предприятиях-разработчиках ГТД Украины.

Установлено, что только 45% общего бюджета времени двигатель эксплуатируется "на крыле" воздушного судна.

Поток двигателей, требующих ремонта, с ярко выраженной сезонной неравномерностью, при постоянном потоке отремонтированных двигателей, провоцирует необходимость наличия значительного фонда, для обеспечения ритмичности работы АРЗ, и резерва в эксплуатационных предприятиях, необходимого для компенсации потока двигателей, снимаемых "с крыла". Все это приводит к неоправданно высоким значениям оборотного фонда, при постоянном дефиците двигателей и, в свою очередь, высокими эксплуатационными расходами.

Результаты, полученные во второй главе использованы при имитационном моделировании и при разработке практических рекомендаций при создании государственной системы управления запасами ГТД в Украине.

Третья глава посвящена разработке и реализации комплекса имитационных моделей системы управления поставками, запасами и ремонтом.

Исходя из структуры СТЭ парка авиадвигателей сформирована общая модель исследуемого объекта, с использованием которой задача совершенствования управления поставками, запасами и ремонтом ГТД трансформируется в модельную задачу определения вектора выходных показателей ПТЭ авиадвигателей $Y(T)$ при заданных векторах:

- управляющих воздействий от более высокой по иерархическому уровню СТЭ ВС $U(T)$;
- ограничений взаимодействующих систем $V(T)$;
- управляющие воздействия СУПР ГТД $S(T)$.

Раскрытие "черного ящика" осуществляется при помощи четкого и компактного описания закономерностей протекания процесса функционирования исследуемого объекта, т.е. при помощи разработанных концептуальных моделей для различных иерархических уровней управления, включающих в себя декомпозицию и спецификацию модельного комплекса (Рис.2) и послуживших основой для разработки математического обеспечения.

В процессе синтеза комплекса имитационных моделей были реализованы основные требования, включающие обеспечение возможности вычисления характеристик СТЭ авиационных ГТД в зависимости от параметров системы управления поставками, запасами и ремонтом двигателей, сопряженность с базами данных АСУ.

При разработке спецификации комплекса имитационных моделей внесистемные переменные (заданные) разделены на пять групп:

- эксплуатационные характеристики парка авиадвигателей;
- характеристики процесса технической эксплуатации ГТД;
- характеристики авиаремонтных заводов;
- показатели системы управления поставками, запасами и ремонтом ГТД;
- модельные константы, преобразующие показатели СТЭ ГТД и СУПР ГТД в их модельные эквиваленты;
- экономические параметры.

Для описания связей между входными переменными модели и вычислением целевого функционала при оптимизации системы управления формируется набор выходных внутрисистемных переменных, представляющих собой эксплуатационные показатели процесса ТЭ, показатели надежности авиадвигателей и эффективности СУПР ГТД.

Полиструктура модельного комплекса (Рис.3) представляет собой набор состояний и переходов, присущих данному иерархическому

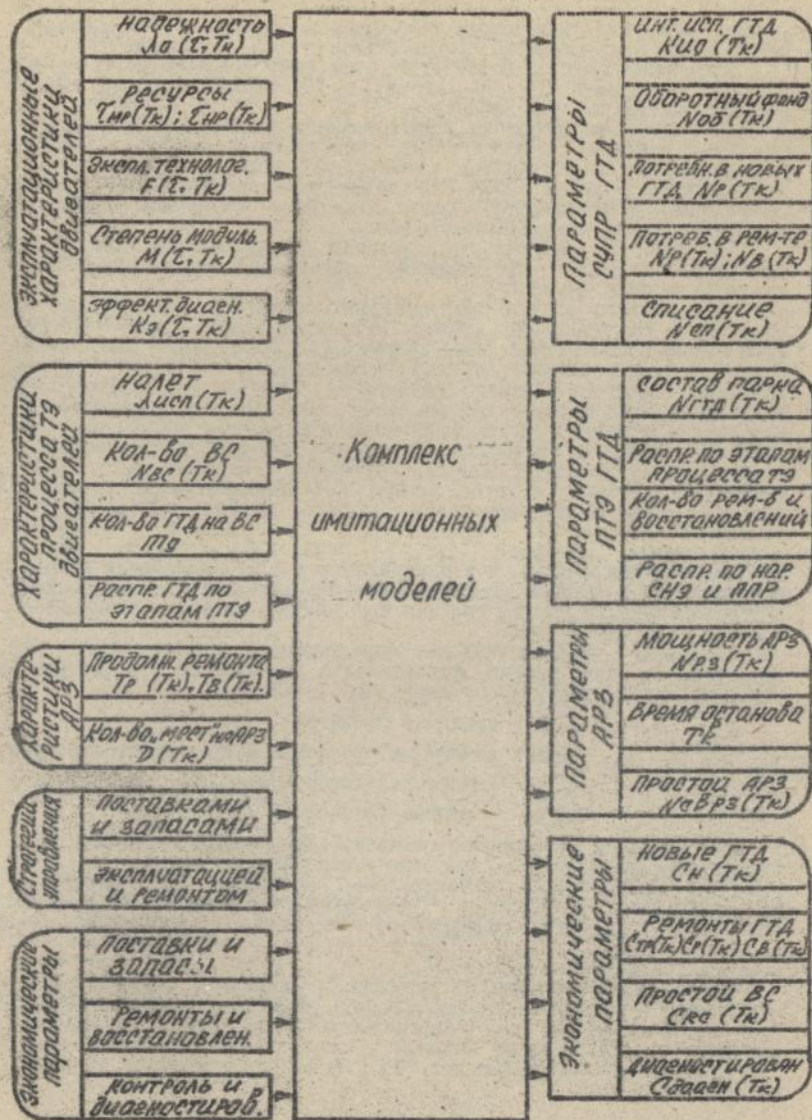


Рис.2
Спецификация модельного комплекса

уровню, при функционировании моделируемой системы, определяющий связи между отдельными ее компонентами.





При разработке и реализации структуры исходим из того, что процесс переходов ГТД по состояниям ПТЭ принадлежит к классу, непрерывных марковских процессов.

Для совпадения имитационного комплекса в структуру моделей включаем относительно независимые модули (блоки), функциональные и логические связи между которыми определяются имитационной моделью СУПР ГТД заданного иерархического уровня. Рассмотрим полиструктуру более подробно, настолько, насколько позволяет объем автореферата.

На рис. 3а представлен фрагмент полиструктуры для уровня эксплуатационного предприятия, содержащая состояния ПТЭ, присущие данному уровню.

Для первого модуля предусмотрена стратегия эксплуатации "по ресурсу". Фиксированные уровни межремонтного ресурса (состояния модели) покидаются двигателями (или модулями двигателей) в случае возникновения отказа, неустранимого на крыле или при успешной отработке данного интервала. Уровень эксплуатационной технологичности первого модуля таков, что отказавшие модули из интервалов наработки $i=1, k$ направляются в ремонт, а вместо них поступают модули в состоянии $i=1$ с нулевой наработкой в пределах межремонтного ресурса. Модули, успешно отработавшие $1-i$ интервал переходят в $i+1$, а при $i=k$ заменяются по отработке ресурса. При функционировании второго модуля используются различные стратегии эксплуатации. На первых интервалах межремонтного ресурса ($i=1, 3$) отказавшие модули восстанавливаются "на крыле", а в интервалах ($i=4, k$) заменяются новыми и направляются в ремонт. Эта стратегия продиктована экономической целесообразностью восстановления или ремонта модуля, обладающего той или иной наработкой.

Фрагмент полиструктуры, представленный на рис. 3б, предназначен для уровня департамента воздушного транспорта и содержит дополнительные состояния ПТЭ, а именно:

-  - ожидания ремонта;
-  - ремонт по отработке межремонтного ресурса;
-  - ремонт вследствие отказа;
-  - ожидание установки.

а также списания и условного списания. Использование такой полиструктуры существенно расширяет возможности модели.

Для разработки относительно простого и эффективного математического описания непрерывный марковский процесс представлен в виде дискретного марковского процесса. Таким образом, представленный модельный комплекс относится к классу моделей "размножения и гибели".

Для математического описания динамики двигателей по состояниям ПТЭ использована система дифференциальных уравнений Коллэторова-Чепмена для дискретного марковского процесса в варианте с "отражающим экраном" (см.рис. 3а) и в варианте с "поглощающим экраном" (см.рис. 3б). В качестве примера приведем некоторые из них:

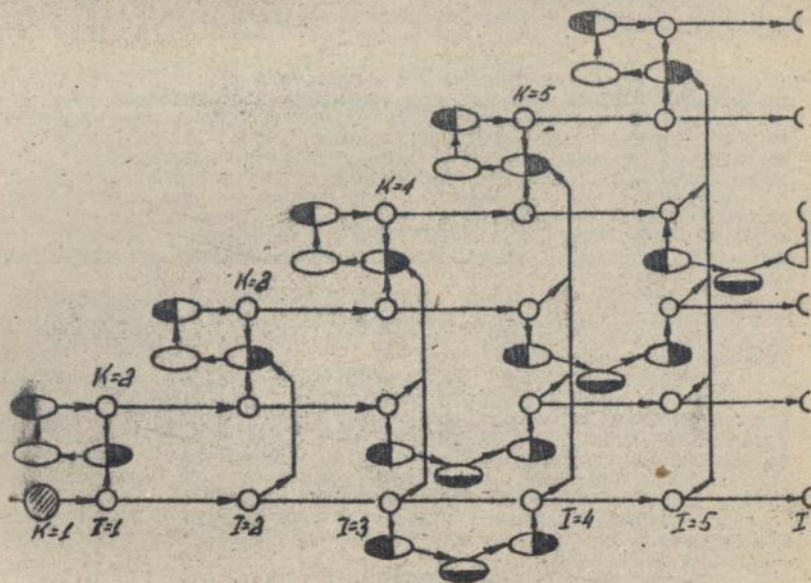
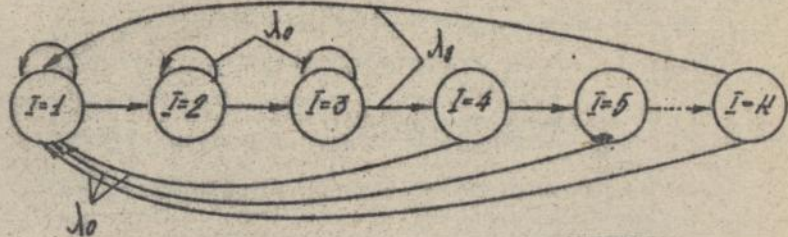
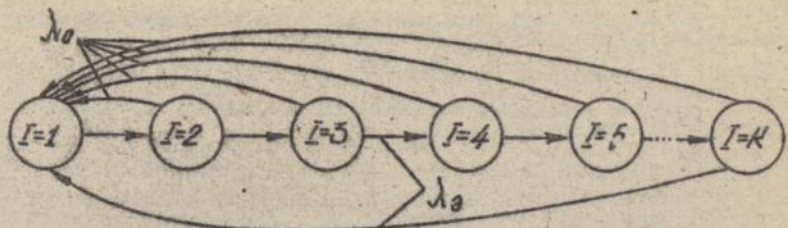


Рис. 3.
Полиструктура модельного комплекса

- для квантованных интервалов $i \neq 1$ в случае замены двигателя или модуля дифференциальные уравнения имеют вид:

$$dN_{j,t} / dt_R = (K_u \theta c * T_R / \Delta \tau) * N_{j,t-1} - \lambda_0^P(\tau, T_R) * N_{j,t} \quad /3/$$

- в случае восстановления двигателя или модуля "на крыле" уравнение /3/ примет вид:

$$dN_{j,t} / dt_R = \lambda_3(T_R) * N_{j,t-1} + \lambda_0^6(\tau, T_R) * N_{j,t} - \lambda_0^P(\tau, T_R) * N_{j,t} \quad /4/$$

С учетом концепции модели при компиляции восстановлений и ремонтов двигателя в интервале $i \neq 1$ описывается компиляцией уравнений 3 и 4:

$$dN_{j,t} / dt_R = \lambda_3(T_R) * N_{j,t-1} \pm (\lambda_0^6(\tau, T_R) * N_{j,t} - \lambda_0^P(\tau, T_R) * N_{j,t}) \quad /5/$$

- где: j - номер структуры в полиструктуре имитационной модели;
 i - номер состояния в структуре модели (квантованный интервал наработки);
 λ_0^P - интенсивность отказов, устраняемых в ремонте;
 λ_0^6 - интенсивность отказов, устраняемых при восстановлении;
 λ_3 - интенсивность эксплуатации ВС;
 $K_u \theta c$ - коэффициент использования ВС;
 T_R - календарное время;
 τ - текущая наработка ГТД;
 N - количество ГТД в состоянии j, t .

Аналогичным образом записываются уравнения для состояния $i=1$.

В математическом описании модельного комплекса предусмотрены технологические зависимости, учитывающие влияние УВ на динамику двигателей, взаимозависимости эксплуатационных параметров, а также балансовые тождества, формирующие объемные показатели ПТЭ.

Математическое описание использовано при разработке алгоритмического и программного обеспечения и реализовано на этапе модельных экспериментов. При проверке модельного комплекса проведены процедуры, оценки точности моделирования и верификации модели.

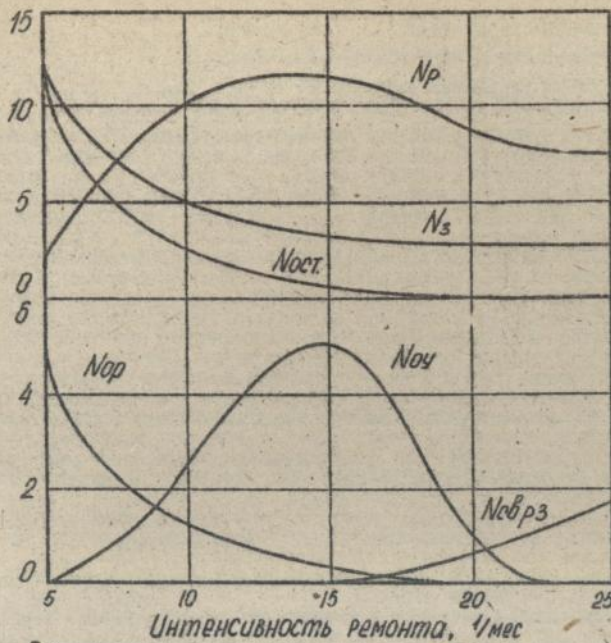
В четвертой главе приведены результаты имитационного моделирования процесса функционирования СУПР в рамках СТЭ авиационных ГТД. Изложена методология оптимизации управления и практические рекомендации.

Исследование СУПР ГТД с помощью модельного комплекса представляет собой проведение имитационных экспериментов на ЭВМ, как описательных так и оптимизационных с целью определения влияния управляющих воздействий на СТЭ ГТД, а результаты моделирования использованы в качестве информационного обеспечения оптимального управления поставками, запасами и ремонтом ГТД на различных этапах "жизненного цикла" и иерархических уровней.

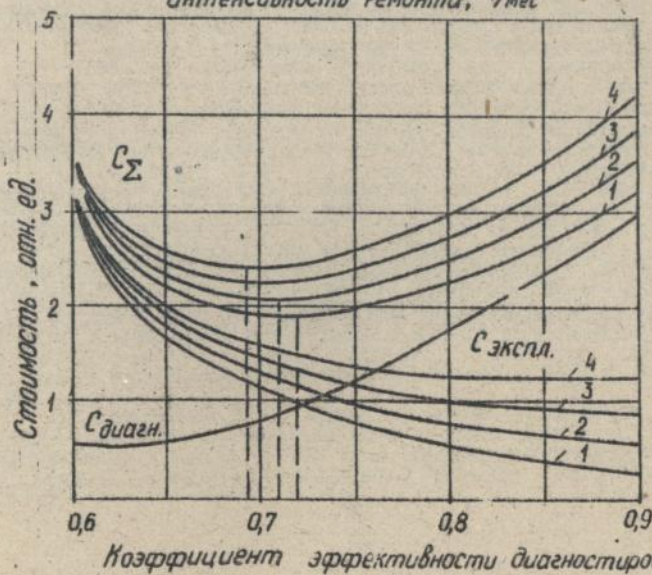
В соответствии с планом эксперимента имитационное моделирование проводилось при прочих равных условиях и вариациях следующих параметров:

- интенсивности эксплуатации, $\lambda_3 = \text{var}$;

Простой, 10^6 шт-мес кол-во ГД, 10^6 шт.



а



б

Рис. 4
Результаты имитационного моделирования

- интенсивности отказов, $\lambda_o = \text{var};$
- интенсивности ремонта, $\lambda_p = \text{var};$
- момента прекращения ремонта, $T_p = \text{var};$
- эффективности системы диагностирования $K_{\text{эф.д.}} = \text{var}.$

В соответствии с критерием оптимизации /1/ и ограничениями по уровню безопасности полетов /2/ рассмотрены типовые задачи оптимизации параметров СУПР ГТД. На практике в условиях эксплуатации часто встречается случаи, когда один или несколько показателей СТЭ ГТД заданы и следует оптимизировать незакопленные параметры.

На рис.4а представлены результаты моделирования зависимости количества двигателей, необходимых для обеспечения бесперебойной эксплуатации ВС из, количества ремонтов N_p и двигателей на отработавших ресурс $N_{ост}$, после окончания эксплуатации парка ВС, а также простоев ГТД в фонде $N_{пр}$ в ожидании установки N_{ou} и простой АРЗ $N_{св.р.з}$ от интенсивности ремонта.

Анализ этих зависимостей позволяет сделать вывод, что увеличение производительности АРЗ до равенства среднему потоку требований на ремонт сопровождается увеличением количества ремонтов, сокращением количества новых двигателей, необходимых для обеспечения эксплуатации ВС, сокращением очереди в ожидании ремонта, увеличением очереди в ожидании установки и увеличением недогрузки АРЗ.

На основании проведенных имитационных экспериментов определяется оптимальная (по критериям 1 и 2) производительность ремонтных заводов при заданных характеристиках СТЭ ГТД.

Решение задачи нахождения оптимальных параметров СУПР ГТД осуществлялось следующим образом.

При постоянных значениях заданных эксплуатационных характеристик и вариаций оптимизируемых значений показателей СУПР ГТД методом градиентного спуска вычислялись величины, критериальных параметров и находились точки экстремумов.

Таким образом, была построена диаграмма (рис.4б), позволяющая оценить экономическую эффективность использования системы диагностирования при заданном управлении поставками, запасами и ремонтом ГТД. Предложенный подход был использован для разработки методики расчета эффективности систем диагностирования, утвержденной МА.

Известно, что в эксплуатационных предприятиях представляет трудности как само моделирование, так и подготовка исходной информации. Поэтому во Внуковском ПОГА был реализован программный комплекс, сопряженный с действующей базой данных, что позволило оптимизировать заявки на поставку и ремонт ГТД по объему и времени. На этой основе был предложен проект системы управления эксплуатацией двигателей для Украины, базирующийся на предоставленном в работе программном обеспечении и современных средствах телекоммуникаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

1. Система управления поставками, запасами и ремонтом ГТД относится к сложным динамическим системам со случайной структурой и является важнейшей составляющей СТЭ авиационных двигателей. При заданных эксплуатационных характеристиках ГТД эффективность СУПР ГТД определяет реализуемые стратегии ТОиР, суммарные расходы на обеспечение эксплуатации парка двигателей. В связи с этим оптимизация СУПР, эксплуатируемого парка ГТД должна производиться по параметрам, характеризующим их СТЭ.

2. Разработан комплекс имитационных моделей СУПР ГТД для различных иерархических уровней управления, основанный на марковской аппроксимации ПТЭ и учитывающий характеристики объектов эксплуатации, эксплуатационных и ремонтных предприятий, стратегии управления ПТЭ и позволяющий прогнозировать последствия принимаемых решений. Верификация комплекса показала его адекватность в рамках поставленных задач реальным процессам ПТЭ.

3. Разработано программное обеспечение сопряжения комплекса имитационных моделей с базами данных действующих АСУ, позволяющее осуществлять функционирование имитационной системы непосредственно в контуре управления производством.

4. Исследовано влияние стратегии управления поставками, запасами и ремонтом ГТД на эффективность СТЭ. Установлены границы применимости различных стратегий управления.

5. Исследовано влияние характеристик системы диагностирования на потребность в двигателях и их ремонтах. Определены границы экономической целесообразности применения различных систем диагностирования.

6. На основании результатов исследований разработаны и внедрены рекомендации по совершенствованию СУПР ГТД.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. СИКОРСКИЙ Е.А. Статистическое исследование процесса технической эксплуатации авиационных ГТД. - В кн.: Перспективы развития методов технической эксплуатации авиационной техники, - Киев: КИИГА, 1979, с. 27.

2. СИКОРСКИЙ Е.А. Статистическое исследование процесса эксплуатации авиационных ГТД. - В кн.: Проблемы повышения эффективности эксплуатации авиационной техники. - Киев: КИИГА, 1980, с. 14-17.

3. СИКОРСКИЙ Е.А. Метод определения потребности в ремонтах авиационных ГТД. - В кн.: Проблемы управления техническим состоянием авиационной техники. - Киев: КИИГА, 1982, с. 19-23.

4. ЯНКО А.К., ГАТУШКИН А.А., СИКОРСКИЙ Е.А. Оптимизация процесса эксплуатации ГТД с использованием комплексной системы их диагностирования. - В кн.: Проблемы повышения эффективности воздушного транспорта в народном хозяйстве. - Москва: МИИГА, 1983, с. 27.

5. СИКОРСКИЙ Е.А. Прогнозирование потребности эксплуатационного предприятия ГА в двигателях с использованием имитационных моделей. - В кн.: Проблемы оптимизации системы технической эксплуатации авиационной техники. - Киев: КИИГА, 1984, с. 23-28.

6. ГАТУШКИН А.А., СИКОРСКИЙ Е.А. Оценка эффективности систем диагностирования авиационных ГТД, - В кн.: Опыт применения и перспективы развития диагностики состояния авиадвигателей в эксплуатации, - Москва, ЦИАМ, 1984, с.29.

7. ГАТУШКИН А.А., СИКОРСКИЙ Е.А. Применение имитационных моделей для расчета производительности ремонтных заводов /на примере авиационных ГТД/, - Москва, Авиаремонт, 1984, с.37.

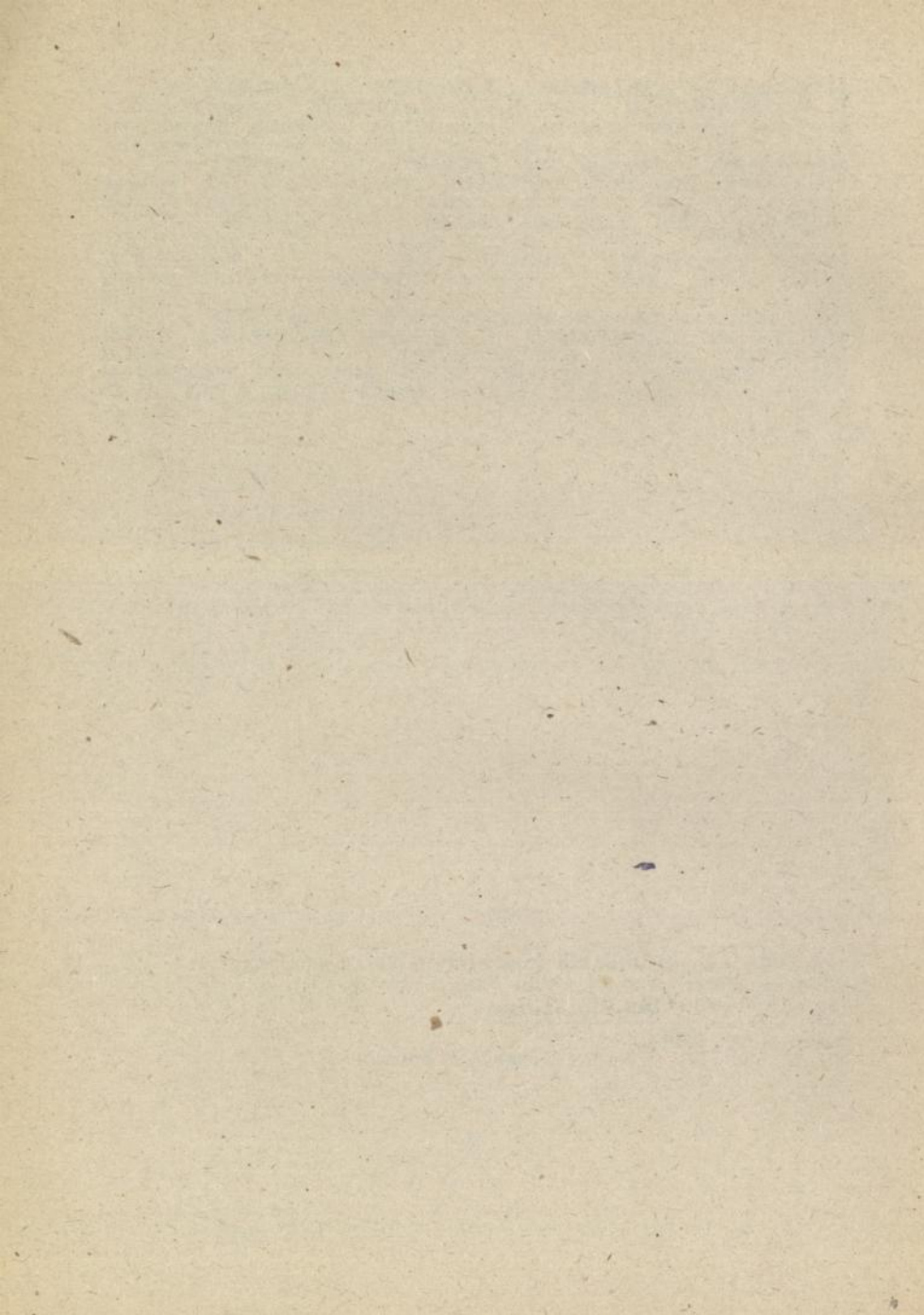
8. СИКОРСКИЙ Е.А. Влияние некоторых эксплуатационных характеристик ГТД на эффективность процесса технической эксплуатации, - В кн.: Проблемы оптимизации системы диагностирования авиационной техники. - Киев, КИИГА, 1985, с.14-18.

9. СИКОРСКИЙ Е.А. Прогнозирование потребности в авиационных ГТД и комплектующих изделиях с использованием имитационных моделей. - В кн.: Совершенствование методов технической эксплуатации авиационной техники. Труды ВПТК. Рук.депонир. в ЦНТИ ГА 18.04.85 № 320 ГА - Москва: ЦНТИ ГА, 1985, с.108-110.

Е.А. Сикорский

Подписано в печать 5.06.93. Формат 60x84/16. Бумага тип. 11.
Местная печать. Усл.кр. стб. Усл.-п. ч. л. 030. Уч. изд. л. 1.
Тираж 100 экз. Зак. № 181-1. Цена Изд. № 41/111

Издательство КИМГА.
252058, киев-58, проспект Космонавта Комарова, 1.



AB 27.937