**Федоров Владимир Вячеславович. Формирование оптимальной программы контроля состояния авиационной техники в изменяющихся условиях эксплуатации : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01.- Иркутск, 2002.- 142 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/2066-0**

БАЙКАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭКОНОМИКИ/И ПРАВА

На правах рукописи

Фёдоров Владимир Вячеславович

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ КОНТРОЛЯ

' " V ' ' " \ Г--- ^ \* Ч ' ' ч

СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В -:' і - -

Ч % \ Ч ’ Ї \ 1 \ t

ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИЙ -'

Специальность 05.13.01 - Системный анализ, управление и

, - обработка информации (региональные , . ^народнохозяйственные комплексы)

\ I \ V ч \*

*>* I *Г*

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель

Заслуженный работник высшей школы РФ,

доктор технических наук, профессор

Г’.П. Хамитов

Иркутск - 2002 год

*\ S / \ f*

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ 5

ВВЕДЕНИЕ 6

Глава 1. ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРИЧИННОСТЕЙ

АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ

АППАРАТОВ И СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ

КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ РИСКА ПОЛЕТА 14

1. Безопасность полетов как важнейшая проблема

развития авиации 14

1. Анализ групп причинностей и основных факторов, влияющих на безопасность полетов 15
2. Уровень риска авиационного происшествия, .

связанного с возможными отказами авиационное /

техники 19

1. [Формулировка задач исследования 27](#bookmark5)

Выводы по главе 1 30

Глава 2. ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА И УПРАВЛЕНИЕ ПРОГРАММОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА 31

1. Объект исследования и его описательная модель 31
2. Граф состояний подсистемы

«самолет - подготовка к полету - полет» 33

1. Количественная оценка уровня риска авиационного происшествия при возможном ■

отказе функциональной системы 44

1. Математическая модель оценки влияния личностного фактора на уровень риска авиационного происшествия

по причине отказа авиационной техники 46

Выводы по главе 2 51

з

Глава 3. МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ

«САМОЛЕТ - ПОДГОТОВКА К ПОЛЕТУ - ПОЛЕТ» 53

1. Выбор метода оценки 53
2. Особенности методики организации и проведения экспертного опроса летного и инженерно-технического

состава строевых частей ВВС 54

1. Особенности составления экспертной документации

и организации экспертног о опроса 58

1. Методика расчета вероятностей парирования

отказов техники летным и техническим составом частей 63

1. Согласованность мнений специалистов при оценивании параметров авиационной системы методами экспертного опроса.... 73
2. Методика оценки функциональной надежности ,

систем летательного аппарата 80

1. Основы статистической проверки данных экспертного

оценивания уровня безопасности полетов по отказам техники 86

Выводы по главе 3 90

Глава 4. РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТА ИЗ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА И БОЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ 92

1. Содержание программы технической эксплуатации летательного аппарата 92
2. Особенности программы технической эксплуатации

военной авиации 94

1. Ачгоритм формирования программы технической эксплуатации из условия обеспечения принципа , - -

равнобезопасности -функциональных -систем.т.ч... *.-.-.т-* .-95-

I I I I »

г'. У1.

^ Ч — и ^ Ч — и ^ Ч \_ ^ ^ X в / ^ Ч

1. .Алгоритм формирования программы технической, ",

// Ч / / Ч */* ✓ Ч / / Ч */ /*

Ч ^ % ^ Ч ^ % ^ Ч ^ % ^ % v V *^*

эксплуатации авиационной техники из условия обеспечения заданного уровня боеготовности 97

1. Алгоритм формирования программы технической

эксплуатации из условия заданного максимально допустимого

*\* \ \** ч *\* \ \** \

уровня риска .'полета в данных **.'условиях** боерой подготовки1.... 98

“ 4 \* " 4 *Г* “ 4 - % \* " 4 " “ 4

\ Ч \ Ч \* Ч > ч \*

I I Г I *t* і і г і

* '4.6. Исследование влияния основных эксплуатационных ' факторов на уровень риска авиационного происшествия

по отказу авиационной техники 99

1. Исследование влияния основных факторных признаков

*Г — — —* ■\* *f — — —* “» *Ґ — — —* “» *\* — — —* -\* # — —

на потребные трудозатраты для достижения заданного уровня ’

/ \* - X\*- X\*— У\*— /\* —

* ■\* *и* % |у \* - «\* ^ ^ ^ *V*

•риска авиационного происшествие по причине отказа '

/ / V / У Ч / У *\ S /* N /

« ч *^* ч ^ ч *^* ч w ч ч - ч^. ч . ч ^

авиационной техники (обратная задача} 110

1. Программное обеспечение вычислительного эксперимента 114

Выводы по главе 4 115

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 116](#bookmark33)

' " ч ' ' ' S ' ' " % Г--- ' ' >

I • • I I

ЛИТЕРАТУРА'...к:.- Лл; А 117

*У \ \ \ \* ч \* ч V

І / І і I J I I Г

ч ч \ ч ч

*/* чу / ч / / ч / у ч / У

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .' 7. .'.'128

141

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ**

ATI . - авиационное происшествие.

4 / v 1 / v / . '

;АТ - - авиационная техника "

4 — *\** 11 - ^ /

■АТС’ - авиациогіцо-тр&нспорхная система

- БзТІ' - безопасность полётов-

ВВС - военно-воздушные **СИЛЫ • • .**

ЕРТЭ - единый регламент технической эксплуатации

ИТС - инженерно-технический состав

ЛС - летный состав ,

ЛА - летательный аппарат

ОАТ - отказы авиационной техники

''ПТ'} ”- програм,чіате^нй,ческой эксплуатации

,ТЗ техническая эксплуатация " !

.ФС -.. - функциональны,Є сксте'мы

ЭО - экспертный опрос •

**ВВЕДЕНИЕ**

На всех этапах мирового развития авиации обеспечение безопасности 'полетов летательных аппаратов-являлось.и остается важнейшей'научной;и'

**% ' I'',/"'. 1 Iі I ' ' ' / \* \ 1 *і***

j і J *і \* і \* f \ f ^*

практической задачей. , .. , ^ ^

Ее решение осуществлялось, прежде всего, через комплекс организа­ционных, профилактических и технических мероприятий.

На всех этапах развития авиационной техники мероприятия по обеспе­чению безопасности полетов базировались на систематизации фактов, их на-

*S /* ч \*\* / ч ” "\* / ч N

учном анализе. В последние годы развивается системн-ый подход к исследо- ■

f 1 *i* I / \_ *і* \*\* ✓ 1 І ч *f* ' fcgi \*»

1 Iі , / \* / , % I I " ' , \*\* \*\* »

ванию сложной-проблемы безопасности полети, учитывающий единство- технических, организационных и личностных факторов.

В последние десятилетия развитие авиационной техники характеризу­ется появлением авиационных комплексов в виде авиационных транспорт­ных систем, частным видом которых являются боевые авиационные ком­плексы. •'' •

**' ' / 1 / ч I і '**

' 1 ' 1 ' ' 1 ч *і* ' 1

Эффективное решение .проблемы безопасности "полетов при функЦио-/ нировании современных авиационно-транспортных систем требует специ­альных научных методов анализа. Проблему обеспечения безопасности поле­тов обостряет все более растущая стоимость авиационной техники. Особен­ностью эксплуатации летательных аппаратов в нашей стране в последние годы является их .старение и .исчерпывание ресурса. - ,

' / / *\* > '* ‘ і ] і 1 *'*

*\* Ва5кным;резервом':в обеспечений безаварийной,летной работы является

I ^ \ , Ч/Ч

*99 \* і *' І* і г *'*

оптимальное пог минимуму затрат "управление' уровнем риска возникновения авиационного происшествия (катастрофы, аварии), в сложных и непрерывно изменяющихся условиях применения и технической эксплуатации авиацион­но-транспортной системы.

В последние годы наблюдается явное противоречие между потенци- альными -возможностями развивающихся информационных технологий'и’

' ' / \*\* ', 1 і ' ', / \* ', \* \* 1 і 7 ' ' /

уровнем теоретического и практического их использования **в** задачах управ­ления уровнем риска полета летательных аппаратов на этапе их массовой эксплуатации. Важными проявлениями этого противоречия являются: отсут­ствие бортовых и наземных микропроцессорных систем диагностики состоя­ния функциональных систем летательного аппарата, отказ которых **в** полете с высокой вероятностью ведет к авиационному происшествию, тогда как су­ществующие математические и технические средства позволяют создать та­кого рода системы; неиспользование резерва человеческого фактора опера­торов на земле (инженерно-технический состав) и в полете (летный состав) но выявлению и парированию опасных отказов функциональных систем ле­тательных аппаратов и прежде всего тех, которые созданы ранее и эксплуа­тируются сегодня. И это в то время, когда интенсивное развитие получили методы инженерно-психологических исследований, эргономики, математи­ческого моделирования, статистических исследований и др. /\* **1585587604** \*/ **Актуальность диссертационной работы** определяется необходимо­стью обеспечения достаточно высокого уровня безопасности полета в изме­няющихся условиях эксплуатации путем использования современных мате­матических методов и информационных технологий для управления челове­ко-машинной подсистемой АТС «самолет - подготовка к полету - полет».

**Целью работы** является решение научно-технической задачи сниже­ния риска авиационного происшествия в связи с возможными отказами авиа­ционной техники за счет разработки новой технологии оперативного управ­ления уровнем риска полета. /\* **1585587604 \*/**

Для достижения указанной цели в работе решаются следующие задачи.

1. Разработка математической модели подсистемы «самолет - подготовка к

I

полету - полет» с учетом возможностей инженерно-технического состава по выявлению отказов функциональных систем (ФС) и летного состава по их парированию. /\* **1585587604 \*/**

1. Разработка методов количественной оценки параметров модели «самолет - подготовка к полету - полет». /\* 1585587608 \*/
2. Разработка методики выделения и ранжирования функциональных'систем

*'* к ” ' - W ~ If”\*' - If ~ 4 - ^ ’ 4

' летательного аппарата, отказ которых существенно влияет на вероятность

у / Ч / / ч у / г \ / У чу У

ч „ ч ^ ч ^ % ч ^ s ^ ч *^* ч ч

уровня риска АЛ. /\* 1585587608 \*/

1. Разработка алгоритма и технологии автоматизированного формирования оптимальной программы контроля состояния авиационной техники в целях обеспечения минимального уровня риска полета при изменении условий технической эксплуатации и боевого-применения ЛА,- /-\* 1585587608 \*/-' - ;

і і і • і

, 1 \_ , 1 \_ , 1 \_ , 1 \_ «\* ^ ^ у % . ^ ^ ^ ^ ^

1. Разработка прикладной программы и экспериментальная апробация техно-

Ч Ч \ \ \

1. у / \ / / чу / ЧУ У ЧУ

\_ ч ^ . ч ^ ч . ч ^ s . ч ^ s . ч

логии формирования оптимальной программы контроля состояния систем ЛА в реальных условиях эксплуатации военной авиации. /\* 1585587608 \*/ **Методы исследования.** В работе использованы методы системного анализа и математического моделирования, теории вероятностей и математи­ческой статистики, инженерно-психологических исследований и экспертного -

I I I I I

I I I I *9*

оценивания,,теории обеспечения безопасности полета';.теории надежности

I Г I *9 Г \* 9* I /

Ч Ч Ч \ \

сложных технических- системі. /\* 1585587608 '\*/

**Обоснованность научных результатов.** Исследование по теме вы­полнялось с помощью современных математических методов с применением информационных технологий. Полученные результаты проверены с помо­щью статистических методов и разработанной методики в процессе опытной

' ” \ *Г ~* ч ' ’ ч г--- У ” ч ” ' ’ ч

I I I I I

эксплуатации в авиационных частях../\* 1585587608 \*/.-;' : - -

1. \* ч \ % \* \* \* г 1

I Г I Г І *4 І І ft*

' **Научную новизну'диссертации** представляют-следующие результаты/ выносимые на защиту. /\* 1585587608 \*/

1. Математическая модель подсистемы авиационно-транспортной системы «самолет-подготовка к полету-полет», учитывающая возможности инже­нерно-технического состава и летчиков по снижению уровня риска авиа-

*\** “ \ Г ' “ % ” ' ~ ч ' “ ' ” ч ' ' “ ч

дионного происшествия по причтів отказа авиационной техники. : ■ .

. X I, ч I ш ^ ' *т* \_ / ^ \ в и ^ \ в У ^ >

1. Алгоритмы управления уровнем риска авиационного происшествия, свя­занного с возможными отказами авиационной техники при изменении ус­

ловии применения и технической эксплуатации летательных аппаратов.

1. Результаты решения задач управления уровнем риска АП и оценки влия- ния эксплуатационных фактороЬ на уровень риска АН. /\* 1585587612 \*/

У \* — / ‘ - Xі— / 1 -

- *V* - -\*ч *v* \*\* - *v* и к ' - ^ '

**ч Пракгическая ценность и реализация работы.** Разработана методика

ЧУ / *\ У* / *\ У* / \ / / \ / /

*-ь \** ч ^ s . Ч ч ^ \ ^ s в \ ^ ч и г

оценки уровня риска авиационного происшествия по причине отказа авиаци­онной техники и минимизации риска путем оптимального распределения за­данного из условия боевой готовности суммарного времени, выделяемого инженерно-техническому составу на контроль состояния функциональных ; систем, с учетом конкретных условий эксплуатации-самолета-. ’ - ;" ‘

I I *t* I

' - ' " ' - ' “ ‘ "

На основе разработанной методики управления уровнем риска авиаци-

ч ч ч \ \

/ \ У У *\ У У* Ч *У У \ У У \*

ч и ч . ч ^ ч . ч ^ % \_ ч ^ N . ч ^

онного происшествия по отказам авиационной техники была проведена

опытная эксплуатация временного регламента контроля состояния авиацион­ной техники в частях, участвующих в боевых действиях, и в частях, эксплуа­тирующих летательные аппараты в сложных климатогеографических услови- , ях Сибири и Забайкалья. Получены акты о внедрении, по результатам .опыт-

I I I I I

I I # I I

жри эксплуатации-временного регламента. Акты приведены в Приложении 2

кдиСсертации.'/\*'15855^7612 \*/'' '

**Апробация работы.** Теоретические и практические результаты работы представлялись и обсуждались на 12-ой Байкальской международной конфе­ренции (Иркутск, 2001г., секция «Управление летательными аппаратами и их системами»); 2-ой Всероссийской научно-технической конференции «Теория

г Г ' \_ ч Г

I • I I I

^конфликта *и, ее* [приложения»;(Воронеж, Воронежская государственная тех-

I х і ч \* ч v ч %

I *>* I I I I I I *(*

*'* пологическая'академия, 2002г.);' Всероссийской конференции. «Информаци­онные технологии в энергетике, экономике, экологии» (Иркутск, Институт Систем Энергетики им. Л.А.Мелентьева СО РАН, 2002г.); ежегодных науч­но-технических конференциях 4-ой ВА (2000, 2001гг.); 12-ой научно- технической конференции ИВАИИ (Иркутск, 2001 г.).

Работа по теме была выполнена в рамках двух научно- исследовательских работ: «Исследование функциональной надежности ос­новных систем самолета» (шифр «Безопасность-И»); «Разработка путей со­вершенствования системы эргономического обеспечения создания, испыта­ний и эксплуатации вооружения и военной техники нового поколения в ус­ловиях реформирования ВС РФ» (шифр «Эргономика-МО»), /\* 1585587616 \*/ **Публикации.** По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ и 3 отчета О НИР. /\* 1585587616 \*/

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четы­рех глав, заключения, списка литературы из 126 наименований и приложе­ния. Основной текст диссертации изложен на 142 страницах машинописного текста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана математическая модель подсистемы АТС «самолет- подготовка к полету-полет», включающая возможности специалистов И АС выявить - отказ ‘ФС - в' -процессе' подготовки - самолета к подету ***ц***-'

' 1 / / 1 | ' I | / 1

*9* 1 *\** 1 / - *^ ш ш. \** Г « Ч ; ^ ^ ^ 1 • Г

возможности1 летчика парировать ' опасность- ’ отказа ФС в цолете,

' . ' ' . *' і . ^ ' і* . . . ' . ' ' . ' / v ^ '

Сформирована целевая функция подсистемы для реализации алгоритма управления уровнем риска АП по причине отказа АТ. /\* 1585588111 \*/

1. Разработана методика оценки функциональной надежности функциональных систем, отказы которых существенно влияют на уровень

. риска АП. с учетом особенностей -работы летчика,, имеющего дело с -

, / • 1 ; , f *'* і f *'* ' і

-отказом ФС;в Целом и работы ИТС, контролирующего, состояние- каждого.

' *і* І і ^ ^ *9 \* > /*

*\ t I 1 Г 1 ' If'*

***-*** ' -элемента ФС (агрегата, узла) в отдельности' /\*' 1555588111 \*/' '''

1. Разработана методика получения количественных значений вероятностей выявления отказов ФС силами ИТС и парирования этих отказов летчиком в полете с использованием известных методов теории экспертного оценивания и с учетом особенностей решаемой задачи. /\* 1585588111 \*/
2. Составлены алгоритмы формирования Оптимальных программ контроля

1 Iі I ' ' ' / ' ' , 1 ' \ 1 • \* •

состояния' ФС» .обеспечивающих минимальный' уровень риска АП для- каждого изменения условий применения и условий 13 самолета.

1. С помощью предложенных алгоритмов проведено исследование влияния эксплуатационных факторов на уровень риска АП и оптимальную программу контроля состояния ФС. Полученные результаты позволяют

'.оценить степені» влияния располагаемого.времени на контроль!состояния ;

км" *\** і \ *{* ч ' і *\** і / ^ 1 • ч ;

/ % / / N ' Ч /

/ *-\** | 4 / ^ I ,1 , У S / у ^1 f

-ФС, погодных условий при подготовке АТ к полету/ а также опы та и.' квалификации ИТС и летного состава на уровень риска АП по причине отказа АТ и сформировать структуру оптимальной программы контроля ФС.

1. Разработана временная методика управления уровнем риска АП по отказам-АТ; которая прошла'Опытную эксплуатацию в частях ВВС,- /" - -

' 4 / 1 / і » ’ і , ч *і* ' ’

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян С.А. Статистическое исследование зависимостей. «Металлургия», М., 1968. *■/\** 1585588,1-20, \*/ ' > ,- \*. .' \ '' - -' -

і *\* . ' - 1 , , ' 1 і ’ ,

*!* v-'a ' *' ' '* ’ ■ - !

-,2.'Анализ летных происшествии и /предпосылок- к'- летиым

, X ✓ ' / х ✓ 4 ' / 4 '

происшествиям в авиации ПВО, М., Войска ПВО’ 1966-1989."

1. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров, М., Экономика и статистика, 1982. /\* 1585588120 \*/
2. Азгальдов Г.Г., Вартазаров И.С., Хвостунов P.M., Расчет

численности экспертов в зависимости от имеющихся сведений. о

УчУч/\Хч/\/\/л'Ч/\ *' ' ' ' /*

’ / 1 / , *і'* 4 I ’ , \_ *і \* X \* К*

распределении' экспертных^-: оценок.,! Депонированная [рукопись «Йнфорэлектро»,-рег-. '№-Д~8-15'. -/\* 1585588120 \*/'

1. Барилович Е.Ф., Воскобоев В.Ф. Эксплуатация авиационных систем по состоянию. М., Транспорт. 1981. /\* 1585588120 \*/