

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

На правах рукописи

Залевский Анатолий Васильевич

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ ПО ПРЕДПОЧТЕНИЯМ
ЗНАЧЕНИЙ ИХ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ

Специальность 05.22.14 - Эксплуатация воздушного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев КИИГА 1992

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00816492 (U)

Работа выполнена на кафедре безопасности полётов Киевского
Трудового Красного Знамени института инженеров гражданской
авиации имени 60-летия СССР

Научный руководитель - кандидат технических наук,
профессор М.Ф. ДАВИДЕНКО

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор В.А. КАСЬЯНОВ,

- кандидат технических наук,
доцент Г.А. ФИНАДОРИН

Ведущее предприятие - Украинское объединение гражданской
авиации "Авиалинии Украины"

Защита диссертации состоится "27" ноября 1992 г.
в 15 часов на заседании специализированного совета Д.072.04.01
при киевском институте инженеров гражданской авиации.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института инженеров гражданской авиации.

Отзывы на автореферат диссертации, заверенные гербовой
печатью учреждения, просим направлять по адресу: 252058,
г. Киев-58, проспект космонавта Комарова 1, КИИГА.

Автореферат разослан "23" октября 1992 г.

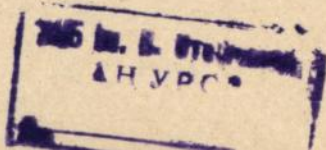
Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук

А.Я. Шепель

Подписано в печать 14.07.92. Формат 60x84/16. Бумага типографская.
Офсетная печать. Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 100 экз.
Заказ № 134-1. Цена 33р05к. Изд. № 333/Ш.

Издательство КИИГА.

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



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Основным показателем качества функционирования авиационной транспортной системы является безопасность полётов, которая рассматривается как актуальная, наиболее сложная и наименее изученная проблема в области эксплуатации воздушного транспорта. Её современное состояние характеризуется созданием общей теории безопасности полётов и переходом из области анализа в область целевого управления. В этой связи первостепенное значение приобретают вопросы совершенствования измерительного механизма в управлении безопасностью полётов, повышения точности и объективности её оценки, в значительной степени определяющие эффективность решения проблемы безопасности полётов.

В настоящее время оценка безопасности полётов в основном осуществляется по неблагоприятным событиям типа "авиационное происшествие". При этом соответствующие показатели характеризуются низкой информативностью, что особенно проявляется на нижних иерархических уровнях авиационной транспортной системы. Повышение точности и объективности оценок безопасности полётов связывается с расширением их информационной базы за счёт неблагоприятных событий более низких рангов. Однако и в этом случае получаемые оценки малоприменимы для целей управления безопасностью полётов, так как строятся без учёта параметров процесса функционирования авиационной транспортной системы.

Из вышесказанного следует, что повышение объективности оценки безопасности полётов и эффективности управления её состоянием возможно на основе учёта параметров процесса функционирования авиационной транспортной системы. Перспективным направлением решения этих задач является оценка качества выполнения полётов по их определяющим параметрам, исходя из тех изображений, что в процессе полёта непосредственно реализуется целевое назначение всей авиационной транспортной системы, а определяющие параметры являются теми интегральными характеристиками, с которыми связываются представления о его качестве и которые ограничиваются из условий обеспечения безопасности полётов.

Таким образом, актуальность темы диссертационной работы обосновывается необходимостью совершенствования измерительного механизма в управлении безопасностью полётов на уровне системы непосредственного выполнения полёта как перспективного направления решения

важнейшей проблемы современной авиации – повышения безопасности полетов.

Цель диссертационной работы состоит в разработке способа оценки качества выполнения полётов в ожидаемых условиях эксплуатации.

Основные задачи исследования. Для достижения указанной цели в работе поставлены следующие задачи исследования:

1. Анализ способов количественной оценки безопасности полетов.
2. Исследование и разработка подхода к оценке качества выполнения полётов по определяющим параметрам.
3. Разработка модели оценки качества выполнения полётов по предпочтениям значений определяющих параметров.
4. Оценка качества выполнения полётов самолёта Ан-24 по значениям характерных скоростей.

Методы исследования. Поставленные задачи решались на основе использования аналитических и экспериментальных методов исследования. В качестве аналитических использовались методы, применяемые в теории сложных систем, теории планирования эксперимента, теории вероятностей и математической статистике, теории полезности, теории многоцелевой оптимизации. В качестве экспериментальных – метод пассивного эксперимента в реальных эксплуатационных условиях, метод экспертных оценок. При разработке расчетных алгоритмов использовались методы математического моделирования.

Научная новизна работы состоит в разработке:

- подхода к оценке качества выполнения полётов по предпочтениям значений их определяющих параметров;
- количественных показателей качества выполнения полётов по определяющим параметрам и интегрального критерия оценки их качества;
- способа построения функций ценности значений определяющих параметров полёта на основе системы кривых Пирсона;
- методики синтеза обобщенного функционала качества – многокритериальной функции ценности результатов функционирования системы непосредственного выполнения полёта, базирующейся на предварительном преобразовании исходного множества измерений по методу главных компонент.

Практическая ценность работы заключается в:

- разработке методики интегральной оценки качества выполнения полётов по предпочтениям значений их определяющих параметров;
- разработке алгоритмического, математического и программного обеспечения оценки качества выполнения полётов по определяющим параметрам;
- решении задачи оценки качества выполнения полётов самолёта Ан-24 по значениям характерных скоростей;
- определении взаимосвязи интегральных оценок качества выполнения полётов по характерным скоростям и их инструкторских оценок.

Реализация результатов работы. Результаты диссертации внедрены в научно-исследовательских работах, выполненных Кировоградским высшим летным училищем ГА совместно с Молдавским УГА и Главным управлением летной службы МГА, а также в учебный процесс на кафедре безопасности полётов Кировоградского ВЛУГА.

В НИР "Исследование организации летной работы в Молдавском УГА при ПАНХ, разработка и внедрение мероприятий, направленных на повышение безопасности полётов" внедрены следующие результаты диссертационного исследования:

- анализ зависимости качества работ и безопасности полётов от нарушения установленных нормативов летной работы;
- статистическая модель для анализа безопасности полётов.

В НИР "Исследование методов повышения эффективности и качества системы первоначальной профессиональной подготовки пилотов гражданской авиации" использованы следующие результаты работы:

- анализ летной деятельности пилота при выполнении полётов по воздушным трассам СССР и местным воздушным линиям;
- основные составляющие структуры деятельности членов экипажа в ожидаемых условиях и особых случаях полёта.

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

- Всесоюзной научно-практической конференции по безопасности полётов "Безопасность полётов и профилактика авиационных происшествий" (Ленинград, 1988 г.);
- Всесоюзной межведомственной научно-практической конференции "Проблемы профессиональной подготовки специалистов на этапе ускорения научно-технического прогресса" (Кировоград, 1989 г.);

-УШ внутривузовской научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в инженерно-техническом обеспечении полётов ГА" (Москва, 1989 г.);

- I Всесоюзной научно-практической конференции "Современные проблемы отбора и профессиональной подготовки лётного состава на этапе технического перевооружения авиации" (Кировоград, 1990 г.);

- УІ Всесоюзной научно-практической конференции "Безопасность полётов и человеческий фактор в авиации" (Ленинград, 1991 г.);

- научных семинарах кафедры безопасности полётов Киевского института инженеров ГА (1988-1990 гг.);

- объединенном заседании кафедр механического факультета Киевского института инженеров ГА (1991 г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 6 печатных работ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и содержит 132 страницы основного текста, 10 таблиц, 5 рисунков, список использованной литературы из 200 наименований и 6 приложений.

В приложениях приведены таблицы значений характерных скоростей полёта самолёта Ан-24 и результаты их статистического анализа, выражения функций ценности значений характерных скоростей, их главных компонент и графики этих функций, анкета экспертного опроса пилотов, данные анкетирования, результаты их анализа и обработки, методика и программное обеспечение оценки качества выполнения полётов по предпочтениям значений их характерных скоростей, а также акты внедрения результатов диссертационной работы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и поставлены основные задачи исследования. Выбраны методы исследования, определена научная новизна и практическая ценность, приведены сведения об апробации работы и публикациях, дана краткая характеристика по главам.

В первой главе проводится анализ существующих способов количественной оценки безопасности полётов.

Как показал анализ, нет единого взгляда на проблему оценки

безопасности полётов. Существуют различные подходы к её решению, разработаны разные методы и модели, применяется множество разнообразных показателей.

Рассмотрены основные показатели безопасности полётов и их классификация. Выделены три подхода к её оценке: функциональный, социальный и экономический. В рамках этих подходов оценка безопасности полётов осуществляется соответственно по количеству неблагоприятных событий типа "авиационное происшествие", числу пострадавших при происшествиях и инцидентах, материальным потерям от аварийности. Рассмотрены и проанализированы наиболее характерные методы и модели оценки безопасности полётов. Доминирующими являются методы, основанные на учёте и классификации факторов безопасности полётов, которые, однако, малопригодны для целей управления её уровнем. Отмечена перспективность функционального подхода, в рамках которого выявлена тенденция расширения информационной базы оценок на основе учёта всех видов неблагоприятных событий и различных отклонений в работе элементов и звеньев авиационной транспортной системы, а в перспективе — непосредственно параметров её функционирования. Исходя из этого, определено перспективное направление совершенствования измерительного механизма в управлении безопасностью полётов — её оценка на уровне системы непосредственного выполнения полёта, что позволило поставить задачи исследования и наметить пути их решения.

Вторая глава посвящена исследованию и разработке подхода к оценке качества выполнения полётов по определяющим параметрам.

В его основу положены характерные особенности системы непосредственного выполнения полёта, а именно: значительная избыточность её жизненно важных элементов и подсистем и наличие человека, играющего определяющую роль в достижении заданной цели функционирования. Вследствие этого, появление отдельных отказов не приводит к нарушению работоспособности всей системы выполнения полётов, а лишь характеризуется снижением эффективности и качества её функционирования.

Интегральными характеристиками эффективности функционирования системы непосредственного выполнения полёта, с которыми связывается представление о её качестве, являются параметры положения и движения воздушного судна в пространстве. Они же ограничиваются из условий обеспечения безопасности полётов и называются определяющими.

Таким образом, определяющие параметры полёта являются интегра-

льными характеристиками его качества с позиции безопасности полётов и могут быть использованы для построения соответствующих оценок.

Оценка качества выполнения полётов по определяющим параметрам предполагает разработку соответствующих критериев и определение их информационной базы.

Информационной базой синтеза критериев оценки качества выполнения полётов являются данные средств объективного контроля, которые характеризуются значительными потенциальными возможностями в этом плане. Позже они широко используются для оценки качества лётной деятельности и техники пилотирования, рассматриваемых в качестве частных случаев общей задачи оценки качества выполнения полётов. В работе выполнен анализ характерных способов решения этих частных задач.

На практике наиболее часто рассматривается задача оценки качества лётной деятельности на основе так называемых допусковых моделей, которые реализованы в стандартных программах экспресс-анализа и позволяют выявлять отклонения в технике пилотирования и нарушения правил летно-технической эксплуатации. Однако к настоящему времени традиционные допусковые модели исчерпали свои возможности, что подтверждается стабилизацией доли полётов с отклонениями и нарушениями. Кроме того, они характеризуются низкой эффективностью использования полётной информации, а выявленные отклонения рассматриваются без разграничения опасности, что не позволяет изучать отклонения параметров вблизи опасных для безопасности полётов эксплуатационных ограничений. В направлении преодоления отмеченных недостатков допусковых моделей выделяются три основных подхода: нормирование значений параметров относительно рекомендованных величин, установление уровней отклонений на основе гипотезы о нормальности распределения значений контролируемых параметров для пилотов разного профессионального уровня, оценка отклонений на основе нормирования матрицы наблюдений в характерных точках траектории полёта. Их анализ позволил сформулировать следующие основные требования к перспективному подходу к оценке качества выполнения полётов: оценка должна производиться непосредственно по значениям определяющих параметров без установления уровней и границ отклонений на основе статистической информации о значениях этих параметров по совокупности реализаций полётов; подход должен быть информативен в отношении всего диапазона возможных значений определяющих параметров; необходимо учитывать "вес" параметров полёта; получаемые оценки должны определяться на основе

более строгого подхода к нахождению законов распределения значений параметров и приводится к единичному диапазону.

В отличие от существующих способов оценки качества лётной деятельности и техники пилотирования, базирующихся на отклонениях значений параметров от рекомендованных или статистически наиболее вероятных величин, настоящее исследование предпринято в направлении решения общей задачи оценки качества выполнения полётов, исходя из предпочтительности значений их определяющих параметров.

В основу разрабатываемого подхода положены те содержательные соображения, что сама по себе точность выдерживания некоторых оптимальных значений параметров не является самоцелью с позиции безопасности полётов, а лишь характеризует её в той мере, в какой эти величины приемлемы для успешного выполнения полёта. В то же время критерий безопасности полётов является основным, главным, объективно существующим критерием оптимальности действий экипажа вне зависимости от конкретной постановки задачи управления воздушным судном в реальном полёте. Исходя из концептуальной модели обработки информации экипажем и обобщенного алгоритма управления полётом значения его определяющих параметров характеризуют исходы принимаемых им решений, их результативность. Одним из наиболее перспективных способов количественного описания проблемы принятия решений является математический аппарат современной теории полезности. Существование соответствующих функций ценности как средства математического описания предпочтений исходов решений устанавливается аксиомами "рационального поведения", которые представляют собой условия совместимости и согласованности, определяющие однозначность функций ценности с точностью до положительного линейного преобразования.

Применительно к использованию теории полезности для оценки качества выполнения полётов по определяющим параметрам решается её обратная задача - построение выявленного предпочтения по наблюдаемым решениям и согласно постулируемым принципам "рационального поведения". В этом случае в качестве "наблюдаемых решений" рассматриваются значения определяющих параметров полёта, получаемые по данным средств объективного контроля. Для того, чтобы подобрать модели, наилучшим образом аппроксимирующие структуры предпочтений по каждому из параметров, необходимо иметь также концептуальную структуру, в рамках которой можно интерпретировать действия экипажа по выбору того или иного решения, характеризуемого значениями определяющих параметров полёта. Такая концептуальная структура выбора

получена на основе общепринятой гипотезе об оптимальности действий летчика как динамической системы в контуре управления воздушным судном. В соответствии с ней значения определяющих параметров полёта будут группироваться вокруг "оптимальных" — наиболее вероятных величин, полученных по совокупности реализаций полётов, а их отклонения являются случайными вследствие случайности изменения условий функционирования системы непосредственного выполнения полёта. В силу этого, относительные частоты появления значений параметров характеризуют силу, интенсивность, степень предпочтения и используются для их количественного описания в качестве критериев оценки качества выполнения полётов по параметрам, а соответствующие функции оценки по этим критериям (функции ценности в терминах теории полезности) задаются плотностями распределения вероятностей значений определяющих параметров.

Определение числовой меры полётов по их определяющим параметрам позволяет находить оценки каждого полёта по каждому из критериев, характеризующих предпочтительность соответствующих значений этих параметров. Получение общих оценок полётов по всем критериям обеспечивается в рамках теории многокритериальной полезности на основе численных моделей, аппроксимирующих структуру предпочтений сложных альтернатив, исходя из принятых правил упорядоченности их компонент.

Известны два подхода к построению многокритериальных функций ценности: эвристический и аксиоматический. И в том, и в другом случае нахождение соответствующих функций есть не что иное, как построение принципов оптимальности: на основе постулирования функциональных форм численных представлений системы предпочтений (эвристический подход) и их установления исходя из совокупности характерных особенностей, диктуемых сущностью функционирования анализируемой системы, (аксиоматический подход). Несмотря на то, что единственным "научно обоснованным" является аксиоматический подход теории полезности в работе реализуется и эвристический подход с тем, чтобы оценить возможности и условия использования каждого из них применительно к решению задач предпринятого исследования.

Как известно, построение принципа оптимальности характеризуется заданием и учетом трёх факторов: нормализации, приоритета и свёртки, обеспечивающих сравнимость векторных оценок анализируемых объектов или явлений. В нашем случае нормализация осуществляется посредством нормализации сравнения с модальным значением соответствующих функций плотности распределения вероятностей значений определяющих парамет-

ров полёта, которые приняты в качестве их функций ценности. Приоритет задаётся весовыми коэффициентами параметров, которые находятся экспертным методом парных сравнений и статистическим методом по характеристикам разброса значений определяющих параметров относительно среднего. Основываясь на доминирующей роли линейной стратегии и наибольшей разработанности теории аддитивной полезности, используется линейная свёртка.

Заданием вида свёртки, нормализации и приоритета полностью определяется принцип оптимальности, а, следовательно, и реализующая его многокритериальная функция ценности (в рамках эвристического подхода теории полезности). По-другому решается вопрос её построения в рамках математически более строгого аксиоматического подхода. В этом случае необходимым условием существования многокритериальной аддитивной функции ценности является взаимонезависимость по предпочтению частных критериев оценки, когда структура условного предпочтения в пространстве критериев не зависит от их уровней. В работе уснановлено, что применительно к решаемой задаче это условие равнозначно некоррелированности определяющих параметров полёта. В частном случае, при его выполнении соответствующая многокритериальная функция ценности фактически совпадает с полученной в рамках эвристического подхода, с той лишь разницей, что она в этой ситуации обретает необходимое теоретическое обоснование. Удовлетворительные же способы решения проблемы в общем случае, при взаимозависимости по предпочтению частных критериев оценки в рамках современной теории полезности фактически отсутствуют, хотя именно он является наиболее типичным в практических ситуациях.

В настоящем исследовании, исходя из особенности построения частных критериев оценки по определяющим параметрам полёта, предложена методика синтеза многокритериальной аддитивной функции ценности в рамках аксиоматического подхода теории полезности, основанная на предварительном преобразовании исходного множества измерений по методу главных компонент. С позиции современной теории измерений такое преобразование трактуется как производные измерения на основе имеющихся фундаментальных шкал. В этом случае ортогональность новых переменных — главных компонент обеспечивает взаимонезависимость по предпочтению соответствующих критериев оценки, синтезированных по их значениям и, следовательно, возможность построения многокритериальной функции ценности в ситуации, когда структурные аксиомы — условия независимости первоначально не выполняются.

Исходя из того, что аксиоматический подход теории полезности является математически более строгим, естественно полагать, что и более точные оценки качества выполнения полётов, получаемые в его рамках будут более точными. Вместе с тем, он является более сложным и трудоемким по сравнению с эвристическим подходом. Поэтому представляется целесообразным определить условия, при которых возможно использование эвристического подхода теории полезности без существенного "проигрыша" в точности. В качестве таких условий рассматривается слабая зависимость индивидуальных (отдельных) ценностей, показателем которой служит тот факт, что максимальное отклонение общей ценности за счёт игнорирования взаимосвязи не превышает точности измерений.

В третьей главе разработана модель оценки качества выполнения полётов по предпочтениям значений определяющих параметров.

В соответствии с разработанным подходом в качестве функций оценки качества выполнения полётов по параметрам (функций ценности в терминах теории полезности) приняты плотности распределения вероятностей значений этих параметров. Поэтому построение функций ценности сводится к определению соответствующих функций плотности вероятностей. Среди способов оценивания плотности выделен наиболее универсальный, основанный на отыскании семейства кривых, при помощи которых можно представить встречающиеся на практике распределения. Он позволяет по характеристикам эмпирического распределения определить вид закона распределения и его параметры, что исключает необходимость перебора всех известных теоретических законов распределения. Наиболее развитой системой кривых плотности, удовлетворяющей требованиям полноты и универсальности, является семейство кривых Пирсона, которое и применяется для нахождения функций ценности значений определяющих параметров полёта.

В рамках системы Пирсона функция плотности вероятностей удовлетворяет дифференциальному уравнению вида

$$\frac{1}{f(x)} \frac{df(x)}{dx} = - \frac{C_1 + x}{C_0 + C_1 x + C_2 x^2}, \quad (I)$$

где $f(x)$ - функция плотности;

C_1, C_2, C_3 - неизвестные константы, полностью определяемые первыми четырьмя моментами эмпирического распределения.

Интегрированием (I) при различных значениях констант задаётся

семейство кривых, разнообразие которых определяется их критерием различимости

$$\mathcal{X} = C_1 / (4C_0C_2). \quad (2)$$

Функции ценности значений определяющих параметров полёта находятся нормированием сравнения с модальным значением соответствующих кривых плотности, получаемых в рамках системы Пирсона

$$V(x) = f(x) / f(M), \quad (3)$$

где $V(x)$ - функция ценности значений параметров;

$M = -C_1$ - мода соответствующего распределения.

Вторым этапом разработки модели оценки качества выполнения полётов по предпочтениям значений определяющих параметров является определение их весовых коэффициентов. Для этих целей используются два метода: экспертный метод парных сравнений и статистический метод определения весовых коэффициентов параметров полёта по характеристикам разброса их значений относительно среднего.

Метод парных сравнений основан на элементарных суждениях о предпочтении предъявляемых объектов и в силу своей простоты обеспечивает достаточную надёжность получаемых оценок. Его преимуществом является также возможность выявления противоречий в суждениях экспертов. Вместе с тем, при большом количестве признаков он оказывается громоздким из-за возрастания числа сравниваемых пар. В этой связи возникает проблема возможного уменьшения количества сравнений для каждого из привлекаемых экспертов, которая определяется как задача планирования экспериментов парных сравнений. В работе она решается путем использования так называемых цепных планов, обеспечивающих сбалансированность экспериментов как по сравниваемым объектам (определяющим параметрам полёта), так и по экспертам. При этом цепные планы строятся по методу Дэвида на основе соответствующих неполноблочных сбалансированных ВВВ-планов и полученного по индукции способа определения наборов пар сравнения.

Излагается уточнённая методика анализа и обработки результатов экспериментов парных сравнений на основе статистической модели Терстоуна и определения весовых коэффициентов параметров по методу, предложенному Нейтенгейлом. При этом шкальные оценки определяющих параметров полёта, полученные в рамках модели Терстоуна, преобразуются по формуле нормированного нормального распределения с их последующим нормированием для нахождения весовых коэффициентов

$$p_i = p_i' / \sum_{i=1}^n p_i', \quad (4)$$

г. в p_i - весовой коэффициент i -го определяющего параметра полёта;
 p_i' - площадь нормированного нормального распределения, соответствующая его жальной оценке.

В основу статистического метода определения весовых коэффициентов параметров полёта положены те содержательные соображения, что более важные из них более строго выдерживаются в процессе его выполнения и в силу этого характеризуются меньшей вариабельностью, поэтому мерой их весомости являются характеристики разброса значений относительно среднего, получаемого по совокупности реализаций полётов

$$p_i = \frac{1}{R_i} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}, \quad (5)$$

где p_i - весовой коэффициент i -го определяющего параметра;
 R_i - характеристика разброса значений i -го параметра относительно среднего.

Пригодность статистического метода устанавливается путём определения коэффициентов корреляции значений весовых коэффициентов, получаемых экспертным и статистическим методами и проверки их значимости. Его уточнение в плане выбора соответствующей характеристики разброса осуществляется по максимальному статистически значимому коэффициенту корреляции.

Заключительным этапом разработки модели оценки качества выполнения полётом по значениям определяющих параметров является синтез обобщенного функционала качества - многокритериальной функции ценности результатов функционирования системы непосредственного выполнения полёта, характеризуемых этими значениями.

Многокритериальная аддитивная функция ценности в рамках эвристического подхода теории полезности получена в виде

$$V_3(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n p_i v_i(x_i), \quad (6)$$

где V_3 - многокритериальная функция ценности;
 p_i - весовой коэффициент i -го параметра;
 $v_i(x_i)$ - функция ценности значений этого же параметра.

Далее излагается методика синтеза многокритериальной аддитивной функции ценности в рамках аксиоматического подхода, базирующаяся

на преобразовании исходного множества измерений по методу главных компонент. В его основу положена линейная модель, которая в матричной форме имеет вид

$$Y = AG, \quad (7)$$

где Y - матрица приведенных значений параметров;
 A - матрица нагрузок на главные компоненты;
 G - матрица значений главных компонент.

В соответствии с фундаментальной теоремой факторного анализа для случая, когда постулируются ортогональные факторы - главные компоненты, матрица нагрузок определяется следующим образом

$$A = U\Lambda^{1/2}, \quad (8)$$

где Λ - диагональная матрица собственных значений корреляционной матрицы определяющих параметров полёта;
 U - соответствующая матрица собственных векторов.
 Окончательно матрица значений главных компонент равняется

$$G = \Lambda^{-1} A^T Y, \quad (9)$$

где Λ^{-1} - обратная диагональная матрица собственных значений;
 A^T - транспонированная матрица нагрузок на главные компоненты.

Сама процедура построения многокритериальной аддитивной функции ценности совершенно аналогична изложенной выше схеме, реализующей эвристический подход с той лишь разницей, что исходными данными в этом случае являются значения главных компонент определяющих параметров полёта, получаемых на основе (9).

Многокритериальная аддитивная функция ценности в рамках аксиоматического подхода теории полезности синтезирована в виде

$$V_a(g_1, g_2, \dots, g_n) = \sum_{i=1}^n p_i v_i(g_i), \quad (10)$$

где V_a - многокритериальная функция ценности;
 p_i - весовой коэффициент i -й главной компоненты;
 $v_i(g_i)$ - функция ценности значений этой же компоненты.

Весовые компоненты главных компонент определяются по уточненному статистическому методу по соответствующей характеристике разброса как для параметров полёта в рамках эвристического подхода.

Погрешности значений многокритериальных функций ценности в рамках эвристического и аксиоматического подходов как результаты косвенных измерений находятся по среднеквадратическому закону. На этой основе уточняется условие слабой зависимости индивидуальных (отдельных) ценностей, позволяющее использовать функцию (6) без существенного проигрыша в точности получаемых интегральных оценок качества выполнения полётов.

В четвёртой главе решается задача оценки качества выполнения полётов самолёта Ан-24 по значениям характерных скоростей.

В качестве характерных скоростей полёта самолёта Ан-24 выбраны стандартные контролируемые скорости в соответствии с Руководством по лётной эксплуатации данного типа. Всего было выделено четырнадцать таких скоростей. По данным МСРП-12-96 для реальных производственных полётов осуществлен сбор статистических информации по этим скоростям, определены их статистические характеристики, построены гистограммы распределения частот. На основе системы Пирсона подобраны соответствующие функции плотности и произведена оценка точности аппроксимации эмпирических распределений кривыми Пирсона, получены функции ценности значений характерных скоростей и построены их графики.

На основе экспертных исследований методом очного анкетирования пилотов самолёта Ан-24, анализа и обработки результатов экспериментов парных сравнений значимости характерных скоростей определены их весовые коэффициенты. Расчётом коэффициентов корреляции этих значений и значений весовых коэффициентов, полученных статистическим методом по характеристикам разброса значений скоростей относительно среднего установлена пригодность статистического метода и его уточнение в плане выбора стандартного отклонения в качестве характеристики для вычисления весовых коэффициентов скоростей.

Синтезированы многокритериальные аддитивные функции ценности результатов функционирования системы выполнения полёта самолёта Ан-24, характеризуемых значениями выделенных скоростей, вычислены интегральные оценки качества выполнения полётов. Выявлена слабая зависимость индивидуальных (отдельных) ценностей, подтверждающая возможность использования многокритериальной функции ценности, полученной в рамках эвристического подхода теории полезности без проигрыша в точности интегральных оценок качества выполнения полётов.

Исследована взаимосвязь интегральных оценок качества выполнения

полётов самолёта Ан-24 и их инструкторских оценок, характеризуемая коэффициентами корреляции 0,39 и 0,31 соответственно для эвристического и аксиоматического подходов. Получены регрессионные зависимости для этих двух видов оценок, что позволило установить нормативы интегральных оценок качества выполнения полётов самолёта Ан-24 по их характерным скоростям: "отлично" - $V \geq 0,76$, "хорошо" - $0,7 < V < 0,76$, "удовлетворительно" - $0,6 < V < 0,7$, "неудовлетворительно" - $V < 0,6$.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

В работе получены следующие основные научные результаты и выводы:

1. Рассмотрена классификация показателей безопасности полётов, выполнен их сравнительный анализ. Разработка показателей осуществляется в направлении их универсализации и учёта условий эксплуатации, создания комплексных критериев оценки.

2. Выявлены существующие подходы к оценке безопасности полётов, рассмотрены наиболее характерные методы и мод. Из совершенствований проводится на основе расширения информационной базы оценок и учёта параметров процесса функционирования авиационной транспортной системы.

3. Перспективным направлением совершенствования измерительного механизма в управлении безопасностью полётов является её оценка на уровне системы непосредственного выполнения полёта. Проанализированы способы решения частных случаев общей задачи оценки качества выполнения полётов - оценки качества летной деятельности и техники пилотирования, выявлены пути повышения точности и объективности соответствующих оценок и сформулированы требования к перспективному подходу решения общей задачи.

4. Разработан подход к оценке качества выполнения полётов по предпочтениям значений их определяющих параметров, базирующийся на применении аппарата современной теории полезности как средства математического описания предпочтений.

5. Разработан и реализован на основе системы кривых Пирсона способ построения функций ценности значений определяющих параметров полёта как нормированных относительно модальных значений их плотностей вероятностей, количественно оценивающих предпочтительность полётов по каждому из параметров.

6. Уточнена методика определения весовых коэффициентов параметров полёта экспертным методом парных сравнений и статистическим ме-

тодом по характеристикам разброса значений определяющих параметров относительно среднего по совокупности его реализаций.

7. Разработана методика синтеза обобщённого функционала качества - многокритериальная аддитивной функции ценности результатов функционирования системы непосредственного выполнения полёта, характеризующимся значениями его определяющих параметров, базирующаяся на предварительном преобразовании исходного множества измерений по методу главных компонент.

8. В результате решения задачи оценки качества выполнения полётов самолёта Ан-24 определены:

- количественные оценки качества выполнения полётов;
- статистическая связь и интегральных оценок качества выполнения полётов с их инструкторскими оценками;
- нормативы интегральных оценок качества выполнения полётов.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ АВТОРА:

1. Метод оценки уровня безопасности полётов по отклонениям// Безопасность полётов и профилактика авиационных происшествий: У Всес. науч.практ. конф. по безоп. полётов, 1-3 нояб., 1988: Тез. докл., Секция I. -Л., 1988. -С. 21-22.

2. Планирование эксперимента парных сравнений по оценке информативности параметров функционирования системы "экипаж-воздушное судно-среда"/Киев. ин-т инж. гражд. авиации. -Киев, 1989. -14 с. -Деп. в ЦНТИГА 28.02.89, № 719-га89.

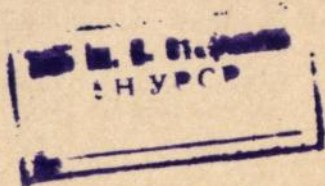
3. Экспертно-статистическая модель оценки качества лётного обучения//Проблемы профессиональной подготовки специалистов на этапе ускорения научно-технического прогресса: Всес. межвед. науч.-практ. конф., 20-21 апр., 1989: Тез. докл., 2 часть. -Кировоград, 1989, -С. 27-28.

4. Построение функций ценности результатов функционирования системы "экипаж-воздушное судно-среда"/Киев. ин-т инж. гражд. авиации. -Киев, 1990. -12 с. -Деп. в ЦНТИГА 15.01.90, № 784-га90.

5. Оценка качества функционирования системы "экипаж-воздушное судно-среда" по значениям определяющих параметров полёта/Киев. ин-т инж. гражд. авиации. -Киев, 1990. -13 с. -Деп. в ЦНТИГА 15.01.90, № 785-га90.

6. Подход к оценке качества выполнения полётов с позиции безопасности//Безопасность полётов и человеческий фактор в авиации: УИ Всес. науч.-практ. конф., 15-17 окт., 1991: Тез. докл., Секция I, 2. -Л., 1991. -С. 125-126.

468024



AB 25.927