

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Силина Никиты Денисовича «Разработка системы поддержки принятия решения для задач эргономической оценки статической графической информации бортовых систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

### 1. Актуальность диссертационной работы.

Диссертационная работа Силина Н. Д. посвящена решению важной задачи повышения уровня безопасности полетов за счет оптимального представления статической графической информации (ГИ) бортовых систем воздушных судов (ВС). Актуальность исследования обусловлена постоянным увеличением объема статической ГИ, предоставляемой пилотам во время полета, что требует поиска новых методов повышения эффективности человеко-машинного взаимодействия для повышения уровня безопасности полетов.

Одним из наиболее эффективных подходов к решению указанной задачи является разработка комплексной методики оценки эффективности статической ГИ, которая учитывает такие аспекты, как визуальные и пространственно-временные характеристики ГИ, принципы восприятия человеком визуальной информации, закладываемые в ГИ при проектировании. Это особенно важно, учитывая ограниченные психофизиологические возможности пилотов.

Эргономическая оценка эффективности позволяет определять количественные показатели, на основе которых лица, принимающие решения (ЛПР), смогут производить более обоснованный выбор варианта отображения бортовой информации. Однако статистические данные показывают, что найти абсолютно оптимальное решение практически невозможно, количество и сложность статической ГИ усложняет процесс принятия решения. Поэтому для выявления наилучшей альтернативы на основе эргономического анализа необходима сравнительная оценка, которая реализуется современными методами поддержки принятия решений.

Исследования, представленные в диссертации, содержат важные и новые научные результаты, направленные на повышение безопасности полетов гражданских воздушных судов, в состав которых входит разработка

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«10» 12 2024 г.

методического, алгоритмического и программного обеспечения для решения задач эргономической сравнительной оценки эффективности статической ГИ, предоставляемой пилотам. Таким образом, представленная диссертация является **актуальной**.

## **2. Структура и содержание диссертационной работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех основных глав, заключения, списка литературы, списка сокращений и условных обозначений. Общий объем диссертации составляет 204 страницы, включая 34 рисунка, 12 таблиц, 137 формул. Список литературы содержит 160 источников.

**Во введении** автором дано обоснование актуальности темы исследования и определение рассматриваемого объекта, представлена общая характеристика работы: цель и задачи исследования, научная новизна, выносимые на защиту положения, степень проработанности темы исследования, практическая значимость, методология и методы исследования, отражена информация по апробации и публикациях результатов диссертации.

**В первой главе** автор проводит сравнительный анализ существующих вариантов исполнения бортовых систем отображения информации (СОИ) гражданских ВС и анализ эргономических требований, предъявляемых к указанным системам. Основное внимание уделяется рассмотрению современных подходов, средств и инструментов оценки эффективности и верификации статической ГИ бортовых систем, основанных на экспертных оценках, различных аспектах и критериях представления ГИ, связанных с ее назначением. Рассматривается оценка эффективности в зависимости от степени соответствия процессов разработки и верификации на различных этапах жизненного цикла ГИ. По результатам анализа автором сделан обоснованный вывод об отсутствии в настоящее время комплексного подхода к эргономической оценке эффективности статической ГИ и недостаточной функциональности существующих решений.

**Во второй главе** диссертант описывает процесс создания системы поддержки принятия решения (СППР) для задач эргономической оценки эффективности статической ГИ. Архитектура СППР включает три основных компонента: модуль обработки исходных данных (ИД), модуль расчета эргономических характеристик и модуль поддержки принятия решения (МППР). Подробно описываются функциональные возможности каждого из этих компонентов, а также методические и алгоритмические принципы их работы. Для разработки расчетного модуля и МППР проводится исследование

существующих критериев оценки статической ГИ и осуществляется сравнительный обзор наиболее распространенных методов поддержки принятия решения в задачах многокритериального выбора. По итогам проведенных исследований автором предложен комплексный подход к оценке эффективности по направлениям – визуальные характеристики, пространственно-временные характеристики, учет психологических принципов при проектировании статической ГИ. МППР построена на методе уверенных суждений, поскольку он является понятным для ЛПР, позволяет учитывать неформализованные мнения и суждения, возникающие в процессе анализа ГИ, а также минимизирует влияние человеческого фактора на результаты сравнительной оценки.

**В третьей главе** автор проводит разработку алгоритмического обеспечения модулей СППР и программного обеспечения, реализующего разработанные алгоритмы и моделирующего работу СППР, проводятся тесты разработанного решения и анализируются его результаты.

**Четвертая глава** посвящена оценке эффективности предложенного метода на примере 6 различных вариантов статической ГИ. Для этого формируется экспертная группа и проводится эргономическая экспертиза с использованием метода попарного сравнения альтернатив. Эффективность предложенного решения оценивается на основе сравнительного анализа результатов работы СППР с результатами, полученными наиболее часто применяемым на практике методом экспертных оценок. Итоги исследования включают ключевые показатели безопасности полетов ВС — количество человеческих ошибок и время на выполнение задачи. Полученные результаты демонстрируют, что предложенный в работе подход совпадает с мнением экспертов, а его применение позволяет выявить альтернативу, обеспечивающую повышение показателей безопасности полетов. Помимо этого, предложенное решение позволяет сократить временные затраты и количество экспертов при проведении эргономической и сравнительной оценки.

**В заключении** диссертационной работы приведены основные выводы и результаты.

### **3. Научная новизна диссертационной работы** заключается в:

1) разработанной новой методике оценки эффективности статической ГИ бортовых систем, базирующейся на формализованном определении количественных эргономических показателей по независимым направлениям: визуальные характеристики, пространственно-временные

характеристики, учет психологических принципов при проектировании ГИ. В разработанной автором методике содержится перечень оценочных критериев, впервые предложенных для оценки статической ГИ бортовых систем;

2) разработанном алгоритмическое обеспечение для решения задач поддержки принятия решений ЛПР, основанном на методе уверенных суждений ранее не использовавшегося для многокритериальной оценки альтернатив статической ГИ бортовых систем, позволяющее ранжировать альтернативы по вероятности их доминирования над остальными при учете всего множества способов учета неопределенностей;

3) разработанной архитектуре СППР, обеспечивающей автоматизированные расчет эргономической оценки эффективности статической ГИ бортовых систем в соответствии с предложенной методикой, и поддержку принятия решения ЛПР на основании эргономических показателей с применением метода уверенных суждений, позволяющая снизить временные затраты и субъективное влияние на результаты сравнительной оценки. Анализ предметной области позволяет утверждать, что подобные решение в настоящее время отсутствуют.

#### **4. Практическая значимость диссертационной работы.**

Применение результатов диссертационной работы Силина Никиты Денисовича способствует повышению уровня безопасности полетов за счет автоматизированного выявления оптимального варианта представления статической ГИ бортовых систем на основе комплексной эргономической оценки эффективности. Определенная альтернатива статической ГИ позволяет сократить временные затраты и уменьшить количество ошибочных действий пилотов при человеко-машинном взаимодействии в процессе выполнения полетного задания. Предлагаемое решение применимо ко всем типам бортовых СОИ, которые основаны на концепции интегрированной модульной авионики и содержат спроектированную функцию отображения ГИ в соответствии со стандартом «ARINC 661».

Практическая значимость усиливается тем фактом, что основные результаты диссертации внедрены в работу филиала ПАО «Яковлев» – Центр комплексирования по проекту «Разработка комплекса бортового радиоэлектронного оборудования самолета МС-21», ООО «Д С «БАРС» по проекту «Разработка комплекса бортового оборудования для среднемагистрального самолета SJ-100» и в учебный процесс на кафедре 703 «Системное проектирование авиакomплексов» Института №7

«Робототехнические и интеллектуальные системы» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт», что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

**5. Достоверность полученных в диссертационной работе результатов** подтверждается их экспериментальной проверкой и корректным применением математического аппарата.

**6. Соответствие специальности и полнота публикации материалов работы**

Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки). Представленные в работе результаты получены автором самостоятельно, являются достоверными и отличаются научной новизной и практической значимостью.

Результаты диссертационной работы опубликованы в 3 статьях в журналах, рекомендованных Перечнем рецензируемых научных журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации, 2 публикациях в базе данных Scopus, 11 тезисах в изданиях, индексируемых в Российском индексе научного цитирования.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

**7. Вопросы и замечания по диссертационной работе.**

1) В разделе «2.4.3 Сравнительный обзор современных методов поддержки принятия решения в задачах многокритериального выбора» при анализе следовало указать области, в которых они преимущественно используются, и обратить внимание на известные практики использования методов при разработке технических систем.

2) Приведенный в 4 главе работы пример выполнения в нескольких вариантах статической графической информации (Рисунок 4.1. Информационные кадры ВСС) не дает полного понимания почему данные кадры рассматриваются как альтернативные, не раскрывается какую информационную и функциональную нагрузку на них несут отдельные элементы ГИ и можно ли эти кадры считать эквивалентными по объему представляемой пилоту информации.

3) Приведенные в работе тестовые сценарии (см, например, п. 4.2.2.2 Проведение экспертной эргономической оценки, стр. 174-176) относятся, очевидно, не только к вариантам исполнения статической графической информации, но и к логике (алгоритму) функционирования человека-машинного интерфейса, реализуемого графическим интерфейсом. И в этом плане экспертами оценивается связка «логика работы + графический интерфейс». Возможно ли (и нужно ли) разделить эти два аспекта в работе не рассмотрено.

4) В п. 1.3.3. описан подход к верификации статической ГИ в соответствии с Квалификационными требованиями КТ-178С, которые устанавливают требования к программному обеспечению бортовых систем в целом. Какие из рассматриваемых в документе процессов (процесс планирования создания, процесс разработки, процесс верификации, управления конфигурацией и др.) целесообразно относить к программному обеспечению, реализующему графический человеко-машинный интерфейс? И возможно ли в них учесть эргономические требования к визуальной составляющей интерфейса?

5) Разработка нескольких альтернативных вариантов исполнения интерфейса с различной статической графикой для дальнейшей их экспертной оценки и выбора из них одного варианта требует больших трудозатрат. Возможно, лучше было рассмотреть методику использования разработанной СППР в процессе проектирования для пошагового улучшения некоторого базового варианта интерфейса, с постепенным достижением требуемых характеристик.

6) Используемая автором формулировка, что предложенное решение задачи сравнительной оценки статической ГИ позволят «увеличить точность и уменьшить погрешность результатов» неудачно.

7) В тексте диссертации имеются опечатки и стилистически несогласованные предложения.

Замечания не являются критическими и не снижают общей положительной оценки представленной диссертации.

## **8. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.**

Диссертационная работа Силина Никиты Денисовича является самостоятельной и завершенной научно-квалификационной работой,

направленной на решение актуальной научной задачи повышения уровня безопасности полетов гражданских ВС и соответствует требованиям, установленным п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»). Научные положения и выводы, сформулированные автором, теоретически обоснованы, реализуемы и имеют практическую значимость.

Диссертационная работа «Разработка системы поддержки принятия решения для задач эргономической оценки статической графической информации бортовых систем» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание степени кандидата наук, а ее автор, Силин Никита Денисович, заслуживает присуждение ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой «Измерительно-вычислительные комплексы» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», доктор технических наук, доцент

 С.К. Киселев

«06» декабря 2024 г.


Подпись Киселева Сергея Константиновича заверяю.

Начальник Управления кадрового обеспечения

 О.А. Макарова



С отзывом ознакомлен 10.12.2024 г.

 Силин Н.Д.

### **Сведения об официальном оппоненте:**

Киселев Сергей Константинович, доктор технических наук по специальности 05.11.01 Приборы и методы измерений (электрические измерения), доцент, заведующий кафедрой «Измерительно-вычислительные комплексы» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Адрес: 432027, Россия, Ульяновская область, г. Ульяновск, улица Северный Венец, дом 32

Телефон: 8 (8422) 43-02-37