

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
**Степновой Елены Ивановны**  
«Адаптивный пилотажно-навигационный индикатор  
бортовой эргатической системы управления летательного аппарата»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических  
наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной  
техники и систем управления

### 1. Структура и объём диссертации

Диссертация выполнена на кафедре «Измерительно-вычислительные комплексы» Ульяновского государственного технического университета. Она состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 83 наименований и 4 приложений. Общий объём работы 253 страницы, в том числе 220 страниц основного текста, 75 рисунков, 19 таблиц, 33 страницы приложений, содержащих информацию о результатах проведенных исследований.

**Во введении** обоснована необходимость и актуальность исследований снижения зрительной нагрузки пилотов на всех этапах полета воздушного судна (ВС), сформулированы цель и задачи исследования, основные научные и практически результаты диссертации, положения, выносимые на защиту.

**Первая глава диссертации** посвящена описанию этапов полета воздушного судна, задач, выполняемых членами экипажа на каждом этапе полета ВС. Проведен анализ влияния авиационных факторов, рассмотрена взаимосвязь между пилотом и остальными компонентами системы авиации посредством анализа компонентов системы «Человек-Машина-Среда» с помощью модели SHELL. В зависимости от возникающих особых ситуаций (условия полета, сложная, аварийная или катастрофическая ситуация) определен уровень безопасности функционирования элементов бортового эргатического комплекса. Для парирования возникновения особых ситуаций во время пилотирования ВС использована информативная функция безопасности, позволяющая определять текущий уровень безопасности полета, идентифицировать вид возникающей особой ситуации, прогнозировать ее развитие, формировать своевременные «подсказки» экипажу и управляющие сигналы, позволяющие корректировать алгоритмы штурвального или автоматического управления воздушным судном, режимы работы элементов общесамолетных систем и бортового интегрированного комплекса оборудования по эффективному парированию последствий нарушений функционирования бортовой эргатической системы управления.

**Во второй главе** рассматривается комплексно-пилотажный индикатор в составе бортовой эргатической системы управления летательного аппарата, описана отображаемая на экране индикатора информации. Проведена классификация отображаемых пилотажно-навигационных параметров с учетом действий пилотов (командира воздушного судна и второго пилота) и распределения внимания пилотов в процессе выполнения каждого этапа полета

воздушного судна. Анализ отображаемой на экране индикатора пилотажно-навигационной информации и действий экипажа, показал, что часть постоянно отображаемых параметров не участвуют в управлении вниманием экипажа воздушного судна на разных этапах полета, что приводит к необоснованному повышению зрительной нагрузки командира воздушного судна и второго пилота.

В третьей главе разработан и исследован принцип адаптивного формирования состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора. Определена логика работы воздушного судна, позволяющая определить этап полета ВС, что необходимо для реализации адаптивного функционирования индикатора.

Логика адаптивного формирования состава и передачи на индикацию пилотажно-навигационной информации представлена через отношения множеств этапов полета и условий полета.

Предложенная математическая модель адаптивного способа отображения и сигнализации информации определяет изменение состава отображаемой информации на всех этапах полета ВС. Алгоритм обработки пилотажно-навигационной информации при адаптивном формировании состава и передачи на индикацию пилотажно-навигационной информации представлен в виде блок-схемы, что дает наглядное представление реализации адаптивного способа отображения.

Разработанные модели и алгоритмы служат основой для формирования состава пилотажно-навигационных параметров на каждом этапе полета воздушного судна.

В четвертой главе представлены расчеты зрительной нагрузки пилотов воздушного судна по пилотажно-навигационной информации при полном выводе на индикацию всей пилотажно-навигационной информации и при адаптивном формировании ее состава. Результаты расчетов показывают значительное снижение зрительной нагрузки пилотов на каждом этапе полета в результате чего у них появляется дополнительное время для оценки полетной ситуации и принятия решений, что подтверждает эффективность применения разработанного принципа функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации.

В заключении изложены основные результаты и выводы по работе.

Приведен акт использования диссертационной работы в АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения», г. Ульяновск.

## **2. Актуальность темы диссертации**

Современное развитие бортового оборудования, в частности, систем индикации, позволяет интегрировать в конструкции приборной доски группу пилотажно-навигационных приборов, в которую входят указатели скорости, высотомеры, вариометры, авиагоризонты, компасы и указатели пространственного положения воздушного судна и т.д. В связи с этим современные индикаторы позволяют выводить большой объем информации, что сказывается на зрительной нагрузке пилота, показатели которой могут превышать допустимую в 7,5 раз. Для снижения зрительной нагрузки

необходимо провести анализ выводимой информации на индикатор с учетом распределения внимания пилотов на каждом этапе полета воздушного судна, определить параметры, выводимые на индикацию, но при этом не участвующие при управлении полетом ВС и предложить путь улучшения формирования состава и отображения пилотажно-навигационной информации.

Поэтому тема диссертационной работы Степновой Елены Ивановны, в которой исследуется и разрабатывается принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, является актуальной. Решаемые в работе задачи направлены на снижение зрительной нагрузки пилотов по пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета ВС и повышение безопасности полета за счет появления у пилота резерва времени на обработку дополнительной пилотажной информации и оценку полетной обстановки.

### **3. Научно-технический уровень и научная ценность диссертации**

Научная ценность диссертационной работы Степновой Е.И. заключается в следующем:

1. Проведен анализ зрительной нагрузки пилота по отображаемой и сигнализируемой пилотажно-навигационной информации летательного аппарата, что позволило определить пилотажные параметры, повышающие зрительную нагрузку пилота, при этом не влияющие на успешное выполнение плана полета на различных этапах.

2. На основе проведенного анализа разработан принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета воздушного судна, позволяющий снизить зрительную нагрузку пилотов.

3. Разработана математическая модель обработки данных для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации.

4. Проведена оценка зрительной нагрузки пилотов при адаптивном отображении и сигнализации пилотажной информации на экране многофункционального индикатора.

5. Предложенная математическая модель обработки данных позволяет автоматизировать процесс формирования пилотажных параметров в зависимости от условий и этапа полета и тем самым сократить состав отображаемой и сигнализируемой информации без потери качества восприятия полетной обстановки.

**4. Практическая значимость результатов диссертационной работы** заключается в следующем:

1. Разработанный принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации позволяет снизить зрительную нагрузку пилотов по пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета ВС.

2. Предложенный алгоритм формирования пилотажно-навигационной информации может быть использован при проектировании перспективных систем индикации.

3. Алгоритм автоматического определения этапа полета, реализованный в адаптивном индикаторе, может быть использован для настройки графического пользовательского интерфейса управления бортовыми системами управления.

Таким образом, можно считать, что диссертация содержит необходимую совокупность научно обоснованных положений и технических решений, которые решают поставленную задачу.

### **5. Оформление материалов диссертации**

Диссертация написана квалифицированно, литературно-техническим языком, снабжена достаточным количеством правильно оформленного иллюстративного материала. Представленные графические и табличные данные дают полное представление о достигнутых результатах исследований.

### **6. Замечания по диссертации**

1. В методах исследования обозначено, что при выполнении работы использовался метод логического моделирования. По тексту диссертации не понятно, для чего конкретно применялся данный метод, и какие результаты он позволил получить.

2. В первой главе диссертации упоминается, что восприятие информации пилотом зависит от такой характеристики, как пропускная способность. Но далее в работе данная характеристика не рассматривается, не указано, от чего она зависит, не определена степень ее влияния на комплексное восприятие информации пилотом.

3. В 3 главе диссертации указано, что одним из основных требований работы пилота является надежность восприятия им информации, однако в работе отсутствует анализ данного показателя.

4. Основная модель адаптивного формирования состава и передачи для отображения пилотажно-навигационной информации в индикаторе, представленная выражением (3.6.15), предполагает единственный вариант отображения  $O$ , сформированный исходя из этапа  $\mathcal{E}$  и условий  $U$  полета, а по блок-схеме алгоритма адаптивного формирования состава пилотажно-навигационной информации (приложение В) таких вариантов может быть несколько  $O_i$  (а именно 40 вариантов,  $i = 1 \dots 40$ ). По какому выражению получается конкретный вариант для отображения (один из 40), не понятно.

5. В работе терминологически не совсем ясно, как автор различает термины "летательный аппарат" и "воздушное судно". Так, например, пункт 1.1 диссертации назван «Анализ режимов полета летательного аппарата», а в тексте проведен анализ режимов полета ВС.

6. В оформлении работы есть неточности: на рисунке 1.13 отсутствует расшифровка графиков а, б, в; в таблице 3.1 не указаны единицы измерения параметров и т.п.

7. В работе не приведены результаты опытного использования адаптивного пилотажно-навигационного индикатора или хотя бы опытных оценок адаптивного способа индикации.

## 7. Заключение

Диссертация Степновой Е.И. является завершенной научно-квалификационной работой и может быть квалифицирована как совокупность научно обоснованных математических и алгоритмических решений, направленных на решение важной научно-технической задачи снижения зрительной нагрузки пилотов по пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета ВС.

Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Степень апробации работы путем опубликования основных положений в печати и путем внедрения результатов в АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» вполне достаточна.

Содержание автореферата отражает основные положения работы и главные доказательства их истинности.

Как следует из вышеизложенного, представленная Степновой Еленой Ивановной работа по актуальности, научно-техническому уровню и практическому значению выполненных исследований и разработок отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой  
«Информационные технологии и  
системы»

Михеев  
Михаил Юрьевич

30 августа 2022 г.

### Сведения об оппоненте

Михеев Михаил Юрьевич,  
доктор технических наук по спец. 05.11.01 - Приборы и методы измерения,  
профессор,  
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,  
440039, г.Пенза, пр.Байдукова / ул.Гагарина, д.1а/11  
тел. 8(412) 49-60-09,  
e-mail: [mix1959@gmail.com](mailto:mix1959@gmail.com)

Подпись д.т.н., профессора Михеева Михаила Юрьевича заверяю

Ученый секретарь ученого совета  
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный  
технологический университет»



О.А.Петрунина